

TUGAS AKHIR - MN141581

STUDI PENGARUH VARIASI KEDALAMAN AIR LAUT TROPIS TERHADAP PENEMPELAN BIOFOULING PADA MATERIAL BAMBU LAMINASI

HENDRA MARTA RAMADHANI
NRP. 4110 100 034

Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

FINAL PROJECT - MN141581

**STUDY OF TROPICAL SEA WATER DEPTH VARIATION
EFFECT TO BIOFOULING ATTACHMENT ON MATERIAL
BAMBOO LAMINATED**

HENDRA MARTA RAMADHANI
NRP. 4110 100 034

Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul "Pengaruh Variasi Kedalaman Air Laut Tropis Terhadap Penempelan Biofouling Pada Material Bambu Laminasi" yang merupakan salah satu syarat kelulusan pada Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik tentunya tidak lepas dari dukungan banyak pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, atas ilmu dan kesabarannya dalam mengarahkan dan memberi nasehat kepada penulis selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Heri Supomo, M.Sc. dan Imam Baihaqi, S.T., M.T. selaku pembimbing, atas ilmu dan kesabarannya dalam mengarahkan dan memberi nasehat kepada Penulis selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku koordinator bidang studi Industri Perkapalan, terima kasih atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan selama ini.
4. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS.
5. Kedua orang tua yang tiada henti-hentinya mendoakan dan memberikan dukungan baik moril maupun materil.
6. Keluarga besar truno yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan selama proses Tugas Akhir ini berjalan.
7. Bapak Supardi dan Mas Joko Iswanto yang telah membantu saya dalam persiapan spesimen uji di Laboratorium Teknologi Produksi dan Manajemen Perkapalan.
8. Mahmud, Asyrof serta teman-teman Laboratorium Produksi yang senantiasa menemani dan saling memberikan dukungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Diny Puspitasari, terima kasih atas waktu, perhatian, dan dukungan yang tiada henti-hentinya diberikan kepada penulis hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman angkatan 2010 (CAPTAIN-P50) yang telah menemani dan memberikan dukungan sejak menjadi mahasiswa baru sampai penulis lulus.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan baik dari segi pembahasan maupun penyusunan didalamnya. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi perkembangan positif dimasa yang akan datang.

Besar harapan penulis bahwa laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat yang seluas-luasnya bagi pembaca khususnya pada mahasiswa Teknik Perkapalan.

Surabaya, 27 Januari 2016

Hendra Marta Ramadhani

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENGARUH VARIASI KEDALAMAN AIR LAUT TROPIS TERHADAP PENEMPELAN BIOFOULING PADA MATERIAL BAMBU LAMINASI

TUGAS AKHIR

Disusun Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Keahlian Industri Perkapalan
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

HENDRA MARTA RAMADHANI
NRP. 4110 100 034

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.
NIP. 19750814 200312 2 001

SURABAYA, JANUARI 2016

STUDI PENGARUH VARIASI KEDALAMAN AIR LAUT TROPIS TERHADAP PENEMPELAN BIOFOULING PADA MATERIAL BAMBU LAMINASI

Nama Mahasiswa : Hendra Marta Ramadhani
NRP : 4110 100 034
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.

ABSTRAK

Biofouling menjadi permasalahan manusia dalam operasional perahu. *Bioufouling* yang tertempel menyebabkan peningkatan kekasaran pada lambung kapal dan propeller. Permasalahan ini berdampak pada nilai hambatan kapal dan total biaya bahan bakar. Permasalahan lain yang sering terjadi yaitu ketersediaan kayu sebagai bahan baku pembuatan kapal ikan sulit diperoleh di Indonesia. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan bahan alternatif sebagai material konstruksi kapal ikan.

Pertama, dibuat spesimen uji dari material bambu laminasi dan kayu jati. Spesimen uji berjumlah 36 buah untuk masing-masing material. Kedua, material uji dikondisikan dalam air laut. Kedalaman air laut bervariasi dengan interval 1 m dengan sarat terdalam 3 m. Pengkondisian dilakukan selama 8 minggu dan di periksa setiap 2 minggu sekali. Ketiga, dilakukan analisa terhadap hasil pengujian. Analisa berkaitan dengan berat dan jumlah *biofouling* yang menempel pada masing-masing spesimen secara periodik dalam dua minggu sekali.

Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap hasil rekapitulasi pengujian rata-rata setiap periode diketahui bahwa jumlah penempelan *biofouling* terendah terdapat pada spesimen bambu laminasi (bambu laminasi 35 ind/m² dan kayu jati 57 ind/m²). Hasil perbandingan biaya operasional akibat biomassa penempelan *biofouling* pada material bambu laminasi lebih ekonomis 0.02% (bambu laminasi seharga Rp 28,888,723.90 dan kayu jati seharga Rp 28,967,511.57). Sehingga dapat disimpulkan bahwa bambu laminasi adalah material yang lebih efektif daripada material kayu jati.

Kata kunci: *Biofouling*, Kedalaman Laut, Kapal Ikan, Biomassa

STUDY OF TROPICAL SEA WATER DEPTH VARIATION EFFECT TO BIOFOULING ATTACHMENT ON MATERIAL BAMBOO LAMINATED

Author : Hendra Marta Ramadhani
ID No. : 4110 100 034
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine
Technology
Supervisor : Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.

ABSTRACT

Biofouling is a problem during ship become ship service. The biofouling attached increased friction between sea water and hull or propeller. The friction would increase ship resistance value and overall fuel cost. The other problem that often occurs is difficulties in obtaining wood as raw material in fishing vessel production in Indonesia. The objective of this final project is to give recommendation of alternative material in fishing vessel production.

Firstly, the specimen test from wood and laminated bamboo is created. The specimen number is 36 items for each material with same dimension. Secondly, specimen test is treated in sea water. The sea water depth varied with interval of in and the deepest point is 3 m. the treatment is executed in 8 weeks. And the examination is carried on each 2 weeks. Thirdly, the test result is analyzed. The analysis is related to weight and number of biofouling that attach to each specimen in accordance to the result of test carried in each period.

The results recapitulation of the average value of each period was known that the lowest amount attachment of biofouling contained specimens of bamboo lamination specimens (bamboo laminated was 35 ind/m² dan wood was 57 ind/m²). The comparison of operational costs due to biomass attachment of biofouling on laminated bamboo material more economical 0.02% (laminated bamboo was Rp 28,888,723.90 dan wood was Rp 28,967,511.57). It can be concluded the bamboo lamination as an alternative material that is more effective than wood material.

Keywords: Biofouling, Depth Sea, Fishing Vessel, Biomass

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Hipotesis.....	4
1.7 Sistematika Penulisan Laporan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Biofouling	7
2.1.1 Pengertian umum.....	7
2.1.2 Perkembangan dan penempelan <i>biofouling</i>	8
2.1.3 Sifat fisik air laut	11
2.1.4 Pengaruh <i>biofouling</i> pada kapal	17
2.2 Dasar Teori Bambu	17
2.2.1 Pengertian umum.....	18
2.2.2 Sifat Fisis Bambu	20
2.3 Tingkat Kerusakan Material.....	22
2.3.1 Tingkat kerusakan material kayu	23
2.3.2 Tingkat kerusakan material bambu	23
2.4 Kapal Ikan	23
2.5 Perhitungan Hambatan Kapal (<i>Resistance</i>)	24
2.5.1 Perhitungan Luas Permukaan Basah Badan Kapal (<i>Stot</i>)	24
2.5.2 Perhitungan Koefisien Tahanan Gesek (C_f)	25
2.5.3 Perhitungan Koefisien Faktor Bentuk ($1+k$)	25
2.5.4 Perhitungan Koefisien Tahanan Udara (C_A)	26
2.5.5 Perhitungan Koefisien Tahanan Gelombang (R_w/W)	26
2.5.6 Perhitungan Gaya Keatas pada Kapal atau Bouyancy (W)	28
2.5.7 Perhitungan Tahanan Total Kapal (R_T)	28

2.6 Kosumsi Bahan Bakar, Minyak Pelumas dan Air Tawar	28
2.7 Rangkaian Penelitian.....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Persiapan Material Uji.....	31
3.1.1 Pemilihan Material	31
3.1.2 Pengawetan.....	33
3.1.3 Pembuatan Bilah.....	34
3.2 Pembuatan Spesimen Uji	36
3.3 Langkah Penelitian.....	41
3.3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	41
3.3.2 Alat, Bahan dan Cara Kerja.....	41
3.3.3 Metode Analisa Data	40
3.4 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	40
BAB IV DATA HASIL PENGUJIAN	43
4.1 Data Penempelan <i>Biofouling</i>	43
4.1.1 Data Penempelan <i>Biofouling</i> Minggu Kedua	43
4.1.2 Data Penempelan <i>Biofouling</i> Minggu Keempat	50
4.1.3 Data Penempelan <i>Biofouling</i> Minggu Keenam	57
4.1.4 Data Penempelan <i>Biofouling</i> Minggu Kedelapan	64
4.2 Data Biomassa <i>Biofouling</i>	71
4.2.1 Data Biomassa <i>Biofouling</i> Berukuran 0.50x0.03x0.03 m	72
4.2.2 Data Biomassa <i>Biofouling</i> Berukuran 0.65x0.03x0.03 m	78
BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	85
5.3 Analisa Penempelan <i>Biofouling</i>	85
5.3.1 Analisa Penempelan <i>Biofouling</i> Minggu Kedua	86
5.3.2 Analisa Penempelan <i>Biofouling</i> Minggu Keempat	92
5.3.3 Analisa Penempelan <i>Biofouling</i> Minggu Keenam	99
5.3.4 Analisa Penempelan <i>Biofouling</i> Minggu Kedelapan.....	105
5.4 Analisa Biomassa <i>Biofouling</i>	112
5.4.1 Analisa Biomassa <i>Biofouling</i> berukuran 0.50x0.03x0.03 m	112
5.4.2 Analisa Biomassa <i>Biofouling</i> berukuran 0.65x0.03x0.03 m	114
5.5 Analisa Ekonomis	116
5.5.1 Pemodelan <i>Maxsurf</i>	116
5.5.2 Hambatan Kapal	119
5.5.3 Analisa Biaya Ekonomis Kapal 30 GT	121
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	125
6.1 KESIMPULAN	125
6.2 SARAN	126

DAFTAR PUSTAKA.....	127
LAMPIRAN Rakit Percobaan	- 1 -
LAMPIRAN Penempelan <i>Biofouling</i>	- 3 -
LAMPIRAN Perhitungan Hambatan	- 11 -
LAMPIRAN Perhitungan Kebutuhan Operasional	- 23 -
Lampiran 1. Hambatan kapal awal.....	- 23 -
Lampiran 2. Hambatan penambahan <i>biofouling</i> di material bambu	- 27 -
Lampiran 3. Hambatan penambahan <i>biofouling</i> di material kayu jati	- 29 -
LAMPIRAN Perhitungan Biaya Operasional Per Periode.....	- 33 -
LAMPIRAN Output SPSS Metode “ <i>One Way Annova</i> ”	- 34 -
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses penempelan <i>biofouling</i> pada subtract logam	8
Gambar 2.2 Larva Nauplius	10
Gambar 2.3 Cirrus Banalus sp.	10
Gambar 2.4 Cirrus Banalus sp.	10
Gambar 2.5 (a) Spring Tide dan (b) Neap Tide	16
Gambar 3.1 Bambu Petung yang telah Dipanen	31
Gambar 3.2 Pemeriksaan Kadar Air pada Bambu	32
Gambar 3.3 Batang Dipecah Menjadi Bilah Sepanjang 1.8 m dan 2.15 m	32
Gambar 3.4 Pemeriksaan Kadar Air Pada Kayu Jati	33
Gambar 3.5 Spesimen Kayu Jati yang Sudah Jadi	33
Gambar 3.6 Pelarutan Boraks (a) dan Perendaman Bilah (b) dalam Larutan Pengawet	34
Gambar 3.7 Bilah Diposisikan Berdiri Selama Pengeringan.	34
Gambar 3.8 Proses Penipisan Bilah Bambu Menggunakan Mesin <i>Planar</i>	35
Gambar 3.9 Potongan Bilah Bambu Sepanjang 50 cm dan 65 cm	35
Gambar 3.10 Pemerataan Menggunakan <i>Handplanar</i>	35
Gambar 3.11 Bilah Satu per satu Dikuliti	36
Gambar 3.12 Pemeriksaan Kadar Air Tiap Bilah dengan <i>Moisture Meter</i>	36
Gambar 3.13 Penyusunan dan Penomoran Tiap Bilah	37
Gambar 3.14 Pemeriksaan Tebal Susunan Papan Laminasi dengan Jangka Sorong	37
Gambar 3.15 Jenis <i>Epoxy</i> yang dipakai	38
Gambar 3.16 Aplikasi Perekat dan Penyusunan Sesuai Nomor dan Lapisan Bilah	38
Gambar 3.17 Lapisan Terakhir Ditutupi Kertas dan Peletakkan Penumpu	39
Gambar 3.18 Papan Laminasi Siap Dibentuk Menjadi Spesimen Uji	39
Gambar 3.19 Pemotongan Papan Laminasi Menggunakan Mesin Potong <i>Circle</i>	40
Gambar 3.20 Balok Hasil Pemotongan Dari Papan Bambu Laminasi	40
Gambar 3.21 Lokasi Penelitian	41
Gambar 3.22 (a) Spesimen Kayu Jati dan (b) Spesimen Bambu Laminasi	42
Gambar 3.23 Tong Kedap	37
Gambar 3.24 Rakit Percobaan Tampak Atas	37
Gambar 3.25 Rakit Percobaan Tampak Samping	38
Gambar 3.26 Tampak Atas Rangkaian Pemasangan Spesimen Pada Rakit Percobaan	38
Gambar 3.27 Tampak samping uji menggunakan slink baja pada rakit	39
Gambar 3.28 Diagram Alir Metodologi Penelitian	42
Gambar 4.1 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu kedua	45
Gambar 4.2 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu kedua	45
Gambar 4.3 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu kedua	47
Gambar 4.4 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu kedua	48
Gambar 4.5 Grafik hasil rekapitulasi rata-rata <i>biofouling</i> pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu kedua	50

Gambar 4.6 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu keempat	52
Gambar 4.7 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu keempat	52
Gambar 4.8 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 cm di minggu keempat.....	54
Gambar 4.9 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu keempat	55
Gambar 4.10 Grafik hasil rekapitulasi rata-rata <i>biofouling</i> pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu keempat.	57
Gambar 4.11 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu keenam	59
Gambar 4.12 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu keenam.	59
Gambar 4.13 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap jati berukuran 0.5x0.03x0.03 cm di minggu keenam.....	62
Gambar 4.14 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap jati berukuran 0.65x0.03x0.03 cm di minggu keenam.	62
Gambar 4.15 Grafik hasil rekapitulasi rata-rata <i>biofouling</i> pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu keenam.	64
Gambar 4.16 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu kedelapan.	66
Gambar 4.17 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu kedelapan.	66
Gambar 4.18 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu kedelapan.....	68
Gambar 4.19 Grafik rata-rata penempelan <i>biofouling</i> terhadap jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu kedelapan.	69
Gambar 4.20 Grafik hasil rekapitulasi rata-rata <i>biofouling</i> pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu kedelapan.	71
Gambar 4.21 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 1m	72
Gambar 4.22 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 1m	73
Gambar 4.23 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 2 m	74
Gambar 4.24 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 2 m	74
Gambar 4.25 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 3 m	75
Gambar 4.26 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 3 m	76
Gambar 4.27 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi.	77
Gambar 4.28 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati.	77
Gambar 4.29 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 1m	78

Gambar 4.30 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 1m.	79
Gambar 4.31 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 2 m.	80
Gambar 4.32 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 2 m.	80
Gambar 4.33 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 3 m.	82
Gambar 4.34 Grafik hasil pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 3 m.	82
Gambar 4.35 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi.	83
Gambar 4.36 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati.	84
Gambar 5.1 Grafik hasil rekapitulasi pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu kedua.	86
Gambar 5.2 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 1 m	87
Gambar 5.3 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 2 m	88
Gambar 5.4 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 3 m	88
Gambar 5.5 Grafik hasil pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu keempat.	92
Gambar 5.6 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 1 m	93
Gambar 5.7 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 2 m	93
Gambar 5.8 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 3 m	94
Gambar 5.9 Grafik hasil pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu keenam.	99
Gambar 5.10 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 1 m	100
Gambar 5.11 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 2 m	100
Gambar 5.12 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 3 m	101
Gambar 5.13 Grafik hasil pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu kedelapan.	105
Gambar 5.14 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 1 m.	106
Gambar 5.15 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 2 m.	107
Gambar 5.16 Grafik Penempelan <i>Biofouling</i> Pada Kedalaman 3 m	107
Gambar 5.17 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi.	112
Gambar 5.18 Grafik presentase rekapitulasi biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi pada minggu kedelapan.	112
Gambar 5.19 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati.	113
Gambar 5.20 Grafik presentase rekapitulasi biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati pada minggu kedelapan.	113
Gambar 5.21 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi.	114
Gambar 5.22 Grafik presentase total biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi pada minggu kedelapan.	115
Gambar 5.23 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati.	115

Gambar 5.24 Grafik presentase total biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati minggu kedelapan.	116
Gambar 5.25 <i>Interface input software</i>	117
Gambar 5.26 <i>Interface output dimensi software</i>	117
Gambar 5.27 <i>Body plan</i> kapal ikan	118
Gambar 5.28 <i>hydrostatics at DWL</i> kapal ikan.....	118

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Besarnya Cahaya yang Dipantulkan oleh Air Laut Dengan Letak Tinggi Matahari Cakrawala	12
Tabel 2.2 Rata-rata Permukaan berdasarkan Lintang.....	14
Tabel 2.3 Kadar Air Bambu Menurut Umur dan Tempat Tumbuh.....	21
Tabel 2.4 Beberapa berat jenis bambu.....	22
Tabel 2.5 Buku PNA Volume 2 halaman 92	26
Tabel 4.1 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m.	44
Tabel 4.2 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m.	44
Tabel 4.3 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m.	47
Tabel 4.4 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m.	47
Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil perhitungan nilai rata-rata penempelan <i>biofouling</i> pada bambu laminasi dan kayu jati pada Minggu kedua	49
Tabel 4.6 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m.	51
Tabel 4.7 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m.	51
Tabel 4.8 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m.	53
Tabel 4.9 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m.	54
Tabel 4.10 Rekapitulasi hasil perhitungan nilai rata-rata penempelan <i>biofouling</i> pada bambu laminasi dan kayu jati pada minggu keempat.	56
Tabel 4.11 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m.	58
Tabel 4.12 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 65x3x3 m.	58
Tabel 4.13 Jumlah penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m.	61
Tabel 4.14 Jumlah penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m.	61
Tabel 4.15 Rekapitulasi hasil perhitungan nilai rata-rata penempelan <i>biofouling</i> pada bambu laminasi dan kayu jati pada minggu keenam.	64
Tabel 4.16 Jumlah penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m.	65
Tabel 4.17 Jumlah penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m.	65
Tabel 4.18 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m.	68
Tabel 4. 19 Jumlah Penempelan <i>biofouling</i> berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m.	68

Tabel 4.20 Rekapitulasi hasil perhitungan nilai rata-rata penempelan <i>biofouling</i> padabambu laminasi dan kayu jati pada minggu kedelapan.....	70
Tabel 4.21 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi	72
Tabel 4.22 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati	72
Tabel 4.23 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi	73
Tabel 4.24 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati	73
Tabel 4.25 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi	75
Tabel 4.26 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati	75
Tabel 4.27 Hasil nilai rata-rata biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi	76
Tabel 4.28 Hasil nilai rata-rata biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati.....	76
Tabel 4.29 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi	78
Tabel 4.30 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati	78
Tabel 4.31 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi	79
Tabel 4.32 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati	79
Tabel 4.33 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi	81
Tabel 4.34 Hasil Pengujian biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji kayu jati	81
Tabel 4.35 Hasil nilai rata-rata biomassa <i>biofouling</i> untuk material uji bambu laminasi.....	83
Tabel 4.36 Hasil nilai rata-rata biomassa <i>biofouling</i> untuk material kayu jati.....	83
 Tabel 5.1 Penambahan berat <i>biofouling</i> dalam variasi periode 1 tahun.....	119
Tabel 5.2 Perubahan akibat penambahan <i>biofouling</i>	120
Tabel 5.3 Rekap berat komponen Wt	121
Tabel 5.4 Rekap berat komponen LWT	121
Tabel 5.5 Rekap berat <i>displacement</i> , <i>lwt</i> , <i>dwt</i> , dan <i>payload</i>	121
Tabel 5.6 Harga perbandingan kebutuhan bahan bakar, minyak pelumas dan air tawar	122
Tabel 5.7 Harga kebutuhan biaya operasional setiap periode untuk kapal bermaterial yang berbeda.....	123

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Perhitungan Biaya Operasional Per Periode	- 33 -
LAMPIRAN	Output SPSS Metode “One Way Annova”	- 34 -
LAMPIRAN	Rakit Percobaan.....	- 1 -
LAMPIRAN	Penempelan <i>Biofouling</i>	- 3 -
LAMPIRAN	Perhitungan Hambatan	- 11 -
LAMPIRAN	Perhitungan Kebutuhan Operasional	- 23 -
Lampiran 1.	Hambatan kapal awal	- 23 -
Lampiran 2.	Hambatan penambahan <i>biofouling</i> di material bambu	- 27 -
Lampiran 3.	Hambatan penambahan <i>biofouling</i> di material kayu jati	- 29 -
LAMPIRAN	Perhitungan Biaya Operasional Per Periode	- 33 -
LAMPIRAN	Output SPSS Metode “One Way Annova”	- 34 -

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biofouling secara turun temurun telah menjadi permasalahan yang merugikan. Penempelan biota tersebut tidak hanya terjadi secara alami, dapat juga terjadi pada berbagai sarana kepentingan manusia seperti pada kapal. Pengaruh-pengaruh yang ditimbulkan penempelan *biofouling* pada kapal sangat beragam, salah satunya dapat merusak karakteristik hidrodinamis dari sebuah kapal. Meningkatkan kebisingan pada bagian bawah air, serta dalam beberapa kasus juga dapat mengacaukan sistem sensor dibawah air. *Biofouling* juga dapat mengancam kelangsungan hidup suatu ekosistem laut karena sifatnya menginvasi suatu habitat laut dan berkembang biak. Penempelan pada lambung dibawah sarat kapal dan propeller menyebabkan meningkatnya kekasaran pada daerah tersebut, sehingga memperbesar hambatan kapal dan meningkatkan pemakaian bahan bakar, hal ini dapat diartikan biaya bahan bakar akan meningkat akibat adanya penempelan *biofouling* tersebut.

Permasalahan yang ditimbulkan dari penempelan *biofouling* dapat merusak material pokok sebuah kapal kayu. Rata-rata penggunaan material pokok kapal kayu ini berbahan dasar kayu jati. Akibatnya bahan utama pokok akan sangat dibutuhkan tetapi biaya yang ditimbulkan akan sangat mahal. Kekurangannya dari material kayu jati ini termasuk tumbuhan yang tidak cepat tumbuh maka dari itu berpengaruh terhadap harga jual kayu jati yang cukup tinggi.

Upaya permasalahan diatas perlu dikembangkan dengan teknologi bahan alternatif pengganti kayu. Salah satu bahan yang dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti kayu adalah bambu. Bambu mempunyai banyak keunggulan untuk dijadikan pengganti kayu sebagai bahan bangunan serta mebel. Bambu mudah ditanam dan tidak memerlukan pemeliharaan secara khusus. Bambu termasuk tumbuhan cepat tumbuh dibanding tanaman kayu jati ini. Untuk melakukan budidaya bambu tidak diperlukan investasi yang besar, setelah tanaman sudah mantap hasilnya dapat diperoleh secara menerus tanpa menanam lagi. Budidaya bambu dapat dilakukan sembarang orang, dengan peralatan sederhana dan tidak memerlukan bekal pengetahuan yang tinggi.

Berbagai metode sebagai upaya penanggulangan untuk mencegah dan menghilangkan *biofouling* terus dikembangkan. Salah satu metode yang banyak digunakan oleh kalangan luas

adalah aplikasi cat pelindung antifouling tetapi penggunaan metode ini membahayakan berbagai organisme non-target lainnya karena ada kandungan zat yang membahayakan. Mencegah terjadinya gangguan atau kerusakan yang lebih besar terhadap lingkungan hidup di laut, beberapa Negara maju telah melarang penggunaan cat yang mengandung senyawa TBT (Tri-n-butyl tin) ini untuk kapal. Beberapa cara sudah dilakukan untuk menanggulangi adanya penempelan *biofouling*. Namun, belum ada yang membuktikan pengaruh bahan pokok seperti kayu jati dengan perbandingan bahan alternatif bambu dengan pengaruh variasi kedalaman air laut terhadap penempelan *biofouling*.

Penelitian “Studi Pengaruh Variasi Kedalaman Laut Tropis Terhadap Penempelan *Biofouling* pada Material Bambu Laminasi”. Penelitian ini akan menggunakan beberapa bilah bambu yang akan diawetkan dengan metode menggunakan *borax*, lalu dibentuk papan bambu laminasi. Penggunaan material lainnya menggunakan kayu jati yang berumur sesuai dalam penggunaan pembangunan kapal kayu. Setelah itu di letakkan di kedalaman yang bervariasi dengan menggunakan material kayu jati dan bambu laminasi. Penelitian ini akan meneliti material bahan dan sarat kedalaman yang paling minimum dalam penempelan *biofouling*, kemudian dibandingkan secara ekonomis biaya operasional dalam penggunaan kapal ikan 30 GT yang diakibatkan dari penempelan *biofouling* terhadap perbedaan variasi material yang diujikan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah pada subbab sebelumnya, pokok permasalahan yang terdapat dalam Tugas Akhir ini meliputi:

1. Apakah laju pertumbuhan *biofouling* akan sama pada setiap varian yang akan diujikan?
2. Apakah kedalaman air laut berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* pada material bambu laminasi?
3. Bagaimana perbandingan pengaruh material bambu laminasi dan kayu jati terhadap penempelan *biofouling*?
4. Berapa nilai perbandingan ekonomis dari biaya operasional yang diakibatkan dari penempelan *biofouling* terhadap variasi material yang diujikan?

1.3 Tujuan

Suatu penelitian selayaknya memiliki maksud dan tujuan tertentu. Adapun tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Menentukan kecepatan penempelan *biofouling* pada material konstruksi jati dan bambu laminasi.
2. Menentukan pengaruh kedalaman air laut dengan kecepatan penempelan *biofouling*.
3. Menentukan material dan sarat kedalaman yang paling minimum dalam penempelan *biofouling*.
4. Menentukan harga nilai ekonomis biaya operasional yang diakibatkan oleh penempelan *biofouling* terhadap variasi material yang diujikan.

1.4 Batasan Masalah

Tugas Akhir ini diperlukan batasan-batasan guna efektivitas perhitungan dan proses penyusunan laporan. Batasan-batasan tersebut antara lain:

1. Material digunakan kayu Jati (*Tectona grandis L.f.*) dan bambu Petung (*Dendrocalamus asper*)
2. Bambu yang digunakan adalah bambu yang berumur antara 3-5 tahun.
3. Variasi ukuran dimensi 50x10x3cm, 65x10x3cm (panjang x lebar x tebal untuk bambu laminasi), dimensi 50x3x3cm dan 65x3x3 (untuk kayu jati).
4. Lokasi pengujian berada di daerah Sumenep.
5. Terdapat 3 variasi kedalaman laut 1 m, 2 m dan 3 m sesuai sarat kapal ikan.
6. Tanpa menggunakan perlindungan cat.
7. Tanpa pengujian uji tarik dan tekan hanya mengikuti jumlah spesimen untuk standarisasi pengujian ASTM D3500-90R03 untuk tarik dan ASTM D3043-00 untuk bending.
8. Berat awal dihitung dengan perlakuan dicelupkan terus ditimbang untuk mendapatkan berat awal.
9. Analisa pengujian dilakukan setiap 2 minggu sekali selama 8 minggu pengujian berlangsung terhadap berat basah (biomassa) dan jumlah penempelan *biofouling* pada material percobaan.
10. Pembahasan berkisar pada jumlah penambahan berat akibat penempelan *biofouling* dan luasan yang tertempel *biofouling*.
11. Pembahasan analisa ekonomis seputar biaya operasional kapal pada periode 1 tahun.

1.5 Manfaat

Hasil dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang konkrit, khususnya kepada pihak-pihak yang terkait, antara lain:

Bagi AKADEMIS:

1. Dapat digunakannya data valid yang telah dihasilkan dalam Tugas Akhir ini sebagai sumber pustaka.
2. Dapat menjadi acuan data dalam keperluan informasi *biofouling* dalam variasi kedalaman laut dan bahan yang ditempeli.

Bagi PRAKTISI:

1. Dapat mengetahui jumlah penempelan *biofouling* berdasarkan variasi kedalaman air laut.
2. Dapat dijadikan acuan oleh pihak galangan dan industri maritim dalam menentukan pemilihan material yang digunakan pada pembuatan kapal.

1.6 Hipotesis

Dugaan awal dari tugas akhir ini adalah dengan perbedaan kedalaman laut ada pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.

1.7 Sistematika Penulisan Laporan

Laporan Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi tentang langkah awal dalam melaksanakan penelitian yaitu terdiri dari penentuan latar belakang penelitian ini dilaksanakan, perumusan masalah yang akan diselesaikan, tujuan, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai landasan dalam melakukan penelitian. Teori yang dijelaskan antara lain teori pemahaman dasar tentang pengertian, sifat *biofouling*, pertumbuhan serta faktor-faktor yang menyebabkan penempelan *biofouling* pada substrat di air laut, informasi tingkat kerusakan yang terjadi pada material di dalam penindustrian perkapalan, dasar teori bambu meliputi pengertian umum dan sifat fisis bambu, dan informasi kapal ikan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini berisi tentang langkah awal dalam melaksanakan penelitian yaitu terdiri dari tahap persiapan material uji, pembuatan spesimen uji dan langkah penelitian.

BAB IV DATA HASIL PENGUJIAN

Bagian ini berisi tentang hasil pengujian yang telah dilakukan. Hasil data pengujian yang diperoleh adalah jumlah penempelan dan biomassa *biofouling*.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi tentang rekapitulasi dan analisa hasil pengolahan berdasarkan data yang telah diperoleh beserta pembahasannya. Analisa dilakukan terhadap data dari jumlah *biofouling* dan berat biomassa yang telah menempel untuk setiap variasi material yang akan diujikan. Seluruh hasil pengujian kemudian di analisa dalam suatu metode analisa hasil pengujian untuk menghitung besar pengaruh variabel yang diujikan pada Tugas Akhir ini.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dan saran hasil analisa alternatif bahan baku dalam perencanaan pembangunan kapal ikan dan biaya operasional ekonomisnya dengan penambahan *biofouling* pada setiap material yang diujikan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biofouling

2.1.1 Pengertian umum

Secara umum *biofouling* adalah akumulasi dan penumpukan dari mikro-organisme, tanaman dan binatang pada fase dewasa yang melekat sementara maupun tetap pada permukaan substrat (material yang ditempeli *biofouling*) dan mengotori benda-benda yang terendam air laut (Stanczak, 2004). Menurut Sukarjono (1988), mendefinisikan *biofouling* sebagai penempelan biota pada benda di bawah permukaan laut (substrat) yang menimbulkan pengotoran biologis. *Biofouling* suka pada kedalaman yang dapat ditembus cahaya (kurang lebih 1-6 m di bawah permukaan laut). *Biofouling* adalah pengotoran pada benda yang berada di bawah permukaan laut, seperti lambung kapal dan peralatan mekanis lainnya, disebabkan oleh pertumbuhan dan aktifitas oleh organisme biologis di bawah permukaan laut (Farlex, 2007).

Organisme penyebab *biofouling* dapat dikategorikan ke dalam dua golongan, yaitu *biofouling* mikroskopik dan *biofouling* makroskopik.

Pendapat lain tentang *biofouling*, antara lain:

- Kamus Merriam-webster (2007), mendeskripsikan *biofouling* sebagai akumulasi bertahap dari organisme mikro dan makro biologis laut pada permukaan benda di dalam air sehingga menyebabkan korosi pada struktur benda dan penurunan efisiensi dari benda yang bergerak.
- FAO (2007a) menjelaskan *biofouling* sebagai organisme aquatic yang berkumpul dan berkembang pada objek-objek di bawah laut, seperti lambung kapal, konstruksi *offshore*, *net cage*, *buoy*, dll.

Storer Usinger (1965) dalam Ermaitis (1984) menyatakan bahwa *Balanus* termasuk dalam classis *Crustacea* karena seluruh tubuhnya tertutup oleh cangkang kapur. Eastham dan Saunder (1961) dalam Ermaitis (1984) menyatakan bahwa sepasang “cirri” pada bagian

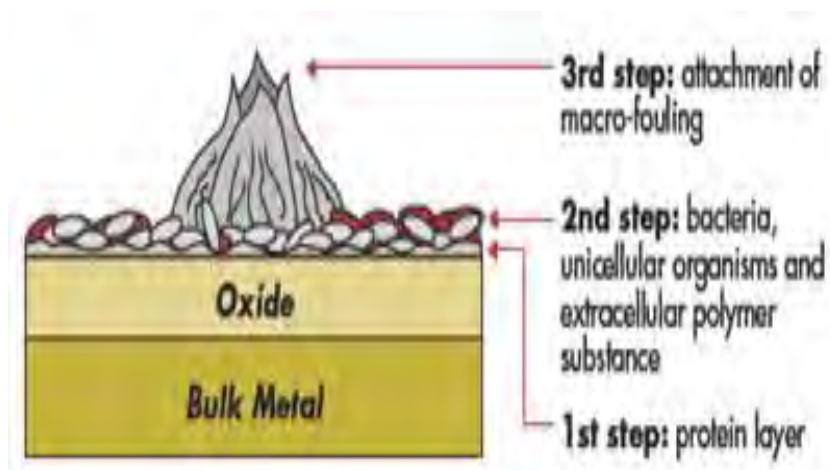
dadanya, menyebabkan *Balanus* dikelompokkan subclassi Cirripedia. Klasifikasi selengkapnya adalah sebagai berikut:

Phyllum	: Arthropoda
Sub Phyllum	: Mandibulata
Classis	: Crustacea
Subclassis	: Cirripedia
Ordo	: Thoracica

2.1.2 Perkembangan dan penempelan *biofouling*

Organisme penyebab *biofouling* dapat dikategorikan ke dalam dua golongan, yaitu *biofouling* mikroskopik dan *biofouling* makroskopik. *Biofouling* mikroskopik terdiri dari bakteri, diatomeae, protozoa dan rotifer, sedangkan *biofouling* makroskopik yang banyak ditemukan pada objek bawah laut antara lain organisme *biofouling* atau lebih dikenal sebagai *barnacles* atau ganggang. *Biofouling* makroskopik, oleh banyak pakar disebut-sebut memberikan dampak kerugian yang sangat besar karena dapat menyebabkan kekasaran dan menyebabkan korosi pada substrat logam.

Proses penempelan *biofouling* diawali ketika substrat bersentuhan langsung dengan air laut, maka zat organik air laut akan bereaksi dengan lapisan permukaan dari substrat, seketika akan terjadi lapisan penempelan oleh bacteria-bacteria laut dan organisme mikroskopik lainnya, seperti diatom-diatom dan microalgae. Keragaman organisme pada lapisan bacteria menyebabkan ketertarikan simbiosisme dan membuat spesies yang besar menempel pada permukaan substrat.



Gambar 2.1 Proses penempelan *biofouling* pada subtract logam

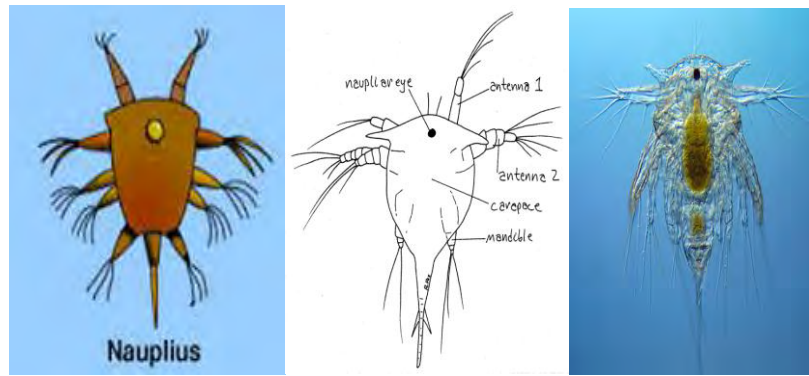
Sumber: (Nybakken, 1982)

Organisme *biofouling* yang paling banyak dijumpai pada objek di bawah permukaan laut adalah jenis *Balanus* atau teritip, beberapa *Balanus* dapat melekat di badan kapal yang tercelup air laut, sehingga dengan cara tersebut *Balanus* telah menyebar ke seluruh dunia, oleh karena itu disebut organisme kosmopolitan. Ciri umum *Balanus* adalah melekat erat di tempat yang sama sepanjang masa dewasa, baik di cadas, sekerat kayu terapung, sehelai ganggang, maupun mamalia laut yang besar.

Balanus ditemukan di daerah subtropis maupun daerah tropis, termasuk di perairan estuaria sampai laut terbuka. Hal ini memungkinkan kapal yang ditempel oleh organisme *biofouling* akan menyebarkan dari suatu daerah ke daerah lain yang dilaluinya. Penyebaran larva *Balanus* juga dipengerahui oleh gelombang, arus, turbulensi dan cahaya. Penempelan organisme *biofouling* terjadi sepanjang tahun dimana intensitas penempelannya dibedakan oleh musim (Darsono dan Hutomo, 1983 dalam Ermaitis, 1984). *Balanus* yang banyak dikenal adalah dari Familia *Balanidae* dan Familia *Lepadidae*. Familia *Balanidae* seperti menempel menggunakan tangkai penempel, sedangkan Familia *Lepadidae* menempel menggunakan tangkai (Ermaitis, 1984).

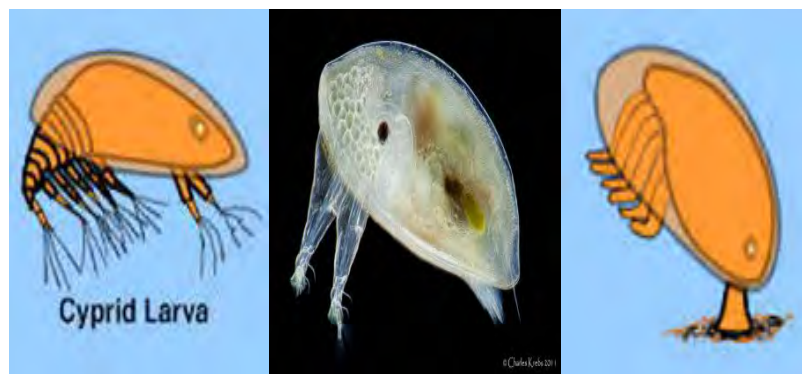
Barnes (1965) menyatakan bahwa *Balanus sp.* merupakan hewan invertebrata laut. Menurut Darsono (1979) dalam Eraitis (1984) menyatakan bahwa *Balanus sp.* Berkembang biak secara seksual, setiap individu mempunyai organ reproduksi jantan dan betina (hermaphrodite), sehingga dapat membuahi dirinya sendiri. Pembuahan berlangsung ketika organ jantan masuk ke lubang organ betina *Balanus* di dekatnya, kemudian sperma membuahi sel telur yang berasal dari individu yang sama atau individu lain dan akhirnya menghasilkan telur. Telur yang sudah dibuahi, dieramkan dalam rongga tubuh dan berubah bentuk secara perlahan-lahan menjadi larva *nauplius* yang berlangsung selama satu sampai dua bulan (Moore, 1934) (Gambar 2.2).

Larva *nauplis* yang berukuran mikroskopis dan bersifat planktonik, kemudian dilepaskan ke laut setelah penetasan. Larva *nauplius* berganti kulit sekali atau tiga kali dalam seminggu (Ermaitis, 1984). Larva *nauplius* dapat menyaring makanan dari air dengan organ tambahan. Fase larva *nauplius* ini masih belum memerlukan makanan dari luar karena masih dapat disediakan dari dalam kandung kuning telur itu sendiri. Stadium larva *nauplius* diakhiri dengan pergantian kulit yang membentuk cangkang Bivalvia, kemudian dimulailah tingkat larva cyprid (Gambar 2.3).



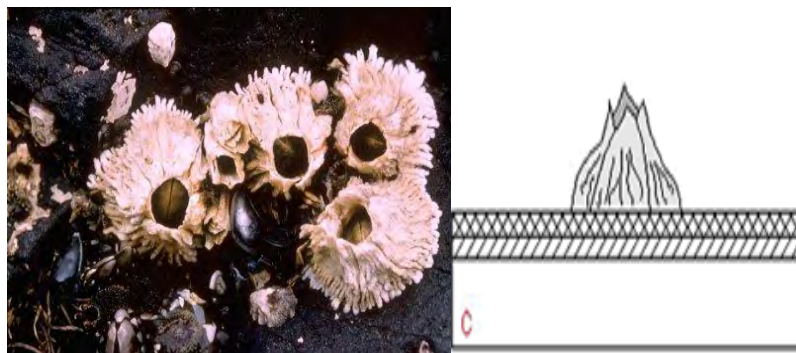
Gambar 2.2 Larva Nauplius

Sumber: (<http://www.geocities.ws/>)



Gambar 2.3 Cirrus Banalus sp.

Sumber: (<http://www.mesa.edu.au/>)



Gambar 2.4 Cirrus Banalus sp.

Sumber: (<http://snailstales.blogspot.co.id/>)

Ermaitis (1984) menyatakan bahwa tingmat larva cyprid berakhir 4 hari atau 10 sampai 12 minggu sampai menemukan substrat yang cocok dan cangkang larva cyprid akan berubah menjadi cangkang dewasa (Darsono dan Hutomo, 1983 dalam abdulgani, 1997). Penempelannya pada substrat menggunakan antenulla dan ditambah kelenjar penghasil cement. Pada bagian anterior dari larva cyprid terdapat mata yang sederhana dan antenula

yang dapat mengeluarkan cement. Cement adalah cairan sekresi kelenjar yang membantu dalam penempelan *Balanus*. Pada bagian anterior dari larva cyprid terdapat mata yang sederhana dan antenula yang dapat mengeluarkan cement untuk menempelkan tubuh pada substrat saat dimulainya stadium dewasa.

2.1.3 Sifat fisik air laut

Menurut Iselin (1967), faktor-faktor abiotik yang menentukan penempelan organisme *biofouling* adalah intensitas cahaya, temperature, sedimentasi, kedalaman laut, kondisi arus dan gelombang, salinitas dan tipe substrat.

2.1.3.1 Intensitas cahaya

Intensitas cahaya adalah besaran pokok fisika untuk mengukur daya yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya pada arah tertentu persatuan sudut. Kelangsungan hidup organisme *biofouling* sangat tergantung pada kondisi kecerahan perairan. Darsono dan Hutomo (1983) menyatakan jika penetrasi cahaya kurang dari 20 cm akan menyebabkan kematian larva organisme *biofouling* tidak dapat berkembang. Menurut Smith (1984) dalam Romimohtarto (1977) dan Ermaitis (1984), larva cyprid bersifat menghindari cahaya, adanya cahaya rendah yang terbaaur akan merangsang pertumbuhan organisme *biofouling* lebih cepat.

Anonim (1952), menyebutkan bahwa larva organisme *biofouling* sangat sensitive terhadap cahaya sebagian besar cenderung menyukai permukaan yang berwarna gelap. Wickstead (1965) dalam Abdulgani (1997), larva cyprid organisme *biofouling* bersifat fototropik negated, didalam kondisi alaminya banyak yang menempel di permukaan yang berwarna gelap. Larva *nauplius* lebih banyak ditemukan di permukaan dibandingkan dengan lapisan dekat dasar, karena larva *nauplius* berkembang menjadi larva cyprid pada sore hari, larva ini menyukai tempat-tempat yang terlindung atau bersifat menghindarkan cahaya yang dikenal dengan fototaksis negatif. Romimohtarto (1977) menyatakan bahwa benda-benda di bawah air yang dicat dengan cat anti pengotoran yang menyala seperti warna putih atau warna lain menyilaukan membuatnya tahan terhadap pengotoran *biofouling*. Larva organisme *biofouling* (nauplii) bersifat fotopositif dan larva cyprid bersifat fotonegatif (Levinton, 1982).

Cahaya matahari yang jatuh di permukaan laut akan diserap dan diseleksi oleh air laut, sehingga cahaya dengan panjang gelombang yang panjang seperti cahaya merah, ungu dan kuning akan hilang lebih dahulu. Sedangkan cahaya dengan panjang gelombang yang pendek mampu untuk menembus permukaan yang lebih dalam.

Ruyitno (1980) menyebutkan banyaknya sinar matahari yang masuk kedalam laut berubah-ubah tergantung pada intensitas cahaya, banyaknya pemantulan di permukaan, sudut datang dan transparansi air laut. Nybakken (1992), mengemukakan perubahan intensitas cahaya di permukaan laut bervariasi secara teratur berdasarkan harian yang berhubungan dengan musim. Penurunan intensitas cahaya dan absorpsi akan berkurang karena dipengaruhi oleh kedalaman. Cahaya yang masuk ke dalam perairan berubah dengan cepat baik intensitasnya maupun komposisinya. Menurut Hutabarat dan Evans (1989), cahaya dapat menembus lapisan perairan hingga kedalaman 100-200 m. Penyerapan cahaya matahari di laut terdiri atas beberapa bagian yaitu dipantulkan, dibiaskan, dipencar-pencar dan diserap. Jumlah pemantulan cahaya matahari tak sama tergantung pada sudut yang ditimbulkan oleh cahaya matahari (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Perbandingan Besarnya Cahaya yang Dipantulkan oleh Air Laut Dengan Letak Tinggi Matahari Cakrawala

Tinggi matahari (derajat)	Di pantulkan (%)	Di serap (%)
5	40	60
10	35	65
20	12	88
30	6	94
60	3	97
90	2	98

Sumber: (Pickard, 1979 dalam Hutabarat dan Evans, 1989)

Bagian cahaya yang dapat menembus pada permukaan laut akan mengalami pengurangan lebih lanjut dua proses yang berlangsung di dalam air. Pertama ialah pemantulan oleh berbagai partikel hidup dan mati yang tersuspensi dalam kolom air. Partikel-partikel ini menangkap cahaya dan kemudian mengabsorpsi atau memantulkannya sehingga mengurangi cahaya yang tersedia. Kedua ialah air sendiri memantulkan cahaya, mengakibatkan berkurangnya jumlah cahaya yang tersedia bagi tumbuhan. Air yang jernih dan bersih jumlah cahaya yang dipantulkan oleh air merupakan fungsi dari panjang gelombang cahaya dan

kedalaman. Pemantulan cahaya oleh air inilah yang mengakibatkan massa-massa air laut menjadi gelap mulai satu kedalaman tertentu pada sebagian besar laut dan samudera (Nybakken, 1992).

2.1.3.2 Suhu

Organisme laut bersifat polikilotermik sehingga penyebarannya mengikuti perbedaan suhu lautan geografis. Suhu di lautan mempunyai kisaran yang kecil, jarang melebihi batas letak organisme, suhu di perairan laut berkisar antara 0°C sampai dengan 40°C (Nybakken, 1982). Organisme *biofouling* dapat hidup dari perairan dengan perubahan suhu berkisar antara 15-30°C atau dari perairan eustarina sampai laut terbuka, iklim tropis sampai dengan iklim sedang (Ermaitis, 1984).

Air mempunyai daya muat panas yang lebih tinggi daripada daratan. Akibatnya untuk menaikkan suhu sebesar 1°C, air akan membutuhkan energi yang lebih besar daripada pemanasan yang sama, daratan akan lebih cepat menjadi panas daripada lautan. Demikian juga kebalikannya, lautan lebih efektif untuk menyimpan panas yang diterima daripada daratan sehingga pada waktu tidak ada pemanasan (malam hari) lautan akan memerlukan waktu yang lebih lama untuk menjadi dingin daripada daratan (Hutabarat dan Evans, 1986).

Lawalata (1977) menyatakan bahwa suhu perairan merupakan suatu faktor lingkungan yang lebih mudah dielajari dari faktor-faktor lainnya, sebab suhu merupakan suatu petunjuk terutama lapisan permukaan, ditentukan oleh pemanasan matahari yang intensitasnya senantiasa berubah terhadap waktu, sehingga suhu air laut akan konsonan dengan perubahan intensitas penyinaran matahari tersebut. Perubahan suhu ini dapat konsonan dengan perubahan intensitas penyinaran matahari tersebut. Perubahan suhu ini dapat terjadi secara: (1) harian, (2) musiman, (3) tahunan dan (4) jangka panjang.

Perairan yang homogen dan tenang dipanasi oleh matahari, distribusi suhu secara vertical akan menurun eksponensial ke bawah. Jika tidak ada gangguan pada perairan ini, keadaan perairan akan selalu stabil karena lapisan yang paling atas yang lebih panas akan lebih rendah densitasnya dari pada lapisan bawah (Sidjabat, 1978).

Menurut Ruyitno (1980), mengatakan bahwa suhu air laut berkisar antara 2°C sampai 40°C. Hal ini tergantung musim dan letak pada garis lintang (Tabel 2.2). Fluktuasi suhu permukaan air laut pada umumnya tidak lebih dari 10°C setiap harinya, sedangkan suhu

maksimum dilautan terbuka tidak akan lebih dari 300°C. Davis (1987) mengemukakan bahwa kisaran normal temperatur air laut adalah 0-30°C dan membeku pada -1,9 °C.

Tabel 2.2 Rata-rata Permukaan berdasarkan Lintang

Lintang Utara	Suhu (°C)	Lintang Selatan	Suhu (°C)
70 – 60	5.6	70 – 60	1.3
60 – 50	8.66	60 – 50	1.76
50 – 40	13.16	50 – 40	8.68
40 – 30	20.4	40 – 30	16.9
30 – 20	24.16	30 – 20	21.2
20 – 10	25.81	20 – 10	23.16
10 – 0	25.66	10 – 0	25.18

Sumber: (King, 1967)

Sedimentasi merupakan salah satu faktor penting pertumbuhan organisme *biofouling*. Daerah yang memiliki sedimentasi yang tinggi akan sulit untuk menjadi tempat yang baik bagi pertumbuhan organisme *biofouling*. Tingginya sedimentasi menyebabkan penetrasi cahaya di air lautan akan berkurang dan menyebabkan air laut menjadi keruh, air yang sangat keruh dapat menyebabkan organisme *biofouling* tidak dapat berkembang (Riggio 1986).

2.1.3.3 Kedalaman laut

Penelitian yang telah dilakukan oleh sejumlah pakar, membuktikan bahwa kedalaman laut mempengaruhi besar biomassa organisme *biofouling* pada substrat (Hanson & Bell 1976, Leighton 1979, Wallace & Reinsness 1985, Macdonald & Bourne 1989, Ciaereboudt 1994). Beberapa koloni spesies organisme *biofouling* bahkan cenderung menyukai hábitat pada tingkat kedalaman tertentu yang spesifik. Penelitian yang dilakukan di perairan Eropa ditemukan bahwa organisme *biofouling* jenis bivalvia, khususnya mussels (*mytilus edillus*), mendominasi objek penelitian pada kedalaman sampai 15m (Ponti 1999). Pada kedalaman lebih dari 15 m, koloni biofouling yang ditemukan antar lain byrozoa, sepulids, hydroid, dan oysters (Moreno 1994, Ponti 1999). Pada laut mediterania, bahkan *Balanus* masih ditemukan pada kedalaman lebih dari 15 m, hal ini disebabkan karena temperatur di perairan mediterania cenderung hangat dan intensitas cahayanya sangat tinggi.

2.1.3.4 Arus dan gelombang perairan

Arus dan gelombang mengakibatkan kegagalan penempelan organisme *biofouling* pada substrat. Sedangkan arus yang kuat menyebabkan kegagalan penempelan dari larva cyprid, sehingga organisme *biofouling* tidak dapat berkembang menjadi stadium dewasa. Arus air yang lemah memungkinkan larva cyprid untuk menempel pada substrat. Arus air yang lemah ini terjadi pada saat permukaan laut mulai pasang sampai mencapai pasang tertinggi. Penelitian Romimohtarto (1977), mendapatkan bahwa kecepatan arus yang kurang dari 0,6 m/dtk tidak dapat menggagalkan penempelan organisme *biofouling*. Larva organisme *biofouling* Dochin & Smith (1951) dapat menempelkan pada permukaan suatu substrat sampai batas maksimum kecepatan arus 10,3 m/dtk. Menurut Nontji (1987), organisme *biofouling* hidup di zona pasang surut mulai pasang tertinggi hingga ke bagian rata-rata pasang surut, jadi setiap hari silih berganti terendam air dan terpapar udara selama beberapa jam, karena itu hanya pada saat terendam air saja organisme *biofouling* mencari makan.

2.1.3.5 Salinitas

Salinitas (kadar garam) adalah berat semua garam yang terlarut dalam 1000 gram air organisme *biofouling* dapat hidup dari perairan estuaria sampai laut terbuka di mana salinitas pada perairan estuaria antara 5-30% sedangkan salinitas pada laut terbuka dapat mencapai 41% (Hutabarat dan Evans, 1985). Menurut Gordon (1969) dalam Ermaintis (1984) organisme *biofouling* hanya dapat hidup di air laut, hal ini berkaitan dengan toleransi salinitas jika menempel pada lambung kapal yang melewati perairan laut dan juga melewati perairan air tawar (air sungai) maka dalam waktu kurang lebih 2 jam, organisme *biofouling* akan mati dan selanjutnya akan rontok (PT. Dok dan Perkapalan, 2000).

2.1.3.6 Tipe substrat

Penempelan organisme *biofouling* pada suatu substrat, salah satunya disebabkan oleh sifat fisik dan kimia dari substrat tersebut (Walters & Wethey 1996). Penelitian menunjukkan bahwa organisme *biofouling* seperti balanus, oyster, dan saccostrea lebih menyukai substrat dari beton dan kayu dari fiberglass atau metal, substrat yang disukai adalah warna gelap, kasar, bercelah-celah atau retak-retak (Romimohtarto, 1977).

2.1.3.7 Pasang surut

Fenomena fisik dan dinamis yang selalu dijumpai di lautan adalah naik turunnya permukaan air yang bersidat periodik selama satu interval waktu tertentu yang disebut pasang surut (Nybakken, 1992). Pasang surut terjadi karena adanya gaya tarik menarik antar gaya

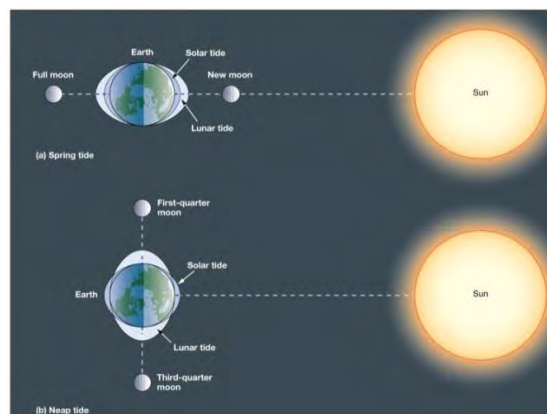
sentrifugal dan gaya gravitasi yang berasal dari bulan dan matahari terhadap bumi. Gaya sentrifugal adalah suatu tenaga yang didesak ke arah luar pusat bumi, besarnya kurang lebih sama dengan tenaga yang di tarik ke permukaan bumi.

Gaya gravitasi bulan terhadap bumi dua kali dapat dibandingkan dengan gaya gravitasi matahari terhadap bumi. Hal ini terjadi karena jarak antara bumi dan bulan lebih dekat daripada jarak antara bumi dan matahari. Pada bagian bumi yang menghadap bulan, gaya gravitasinya lebih kuat daripada gaya sentrifugal, sehingga air tertarik keatas, gaya gravitasinya lebih kuat daripada gaya sentrifugal, sehingga air tertarik keluar tidak sebesar dengan penarikan air pada bagian bumi yang langsung berhadapan dengan bulan, disebut pasang surut.

Gaya gravitasi yang ada dibagian ini lemah dan gaya sentrifugalnya kuat. Pada sisi dari bagian bumi yang tidak mengalami penarikan air, disebut surut. Dengan demikian terdapat dua pasang dan dua surut. Pasang surut akan bergerak dipermukaan bumi. Perputarannya memerlukan waktu selama kurang lebih 24 jam 50 menit dalam satu putaran (Hutabarat dan Evans, 1986). Selanjutnya pasang surut terdiri dari 3 jenis:

- 1). Pasang surut diurnal, yakni pasang surut yang terdiri dari satu pasang dan satu surut,
- 2). Pasang surut semidiurnal, yakni pasang surut yang mempunyai dua pasang dan dua surut per hari dan,
- 3). Pasang surut campuran, yakni percampuran antara pasang surut diurnal dan pasang surut semidiurnal.

Ditambahkan juga bahwa pasang yang memiliki tinggi maksimum disebut spring tide dan pasang yang memiliki tinggi minimum disebut neap tide terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 (a) Spring Tide dan (b) Neap Tide

Sumber: (<http://oceanservice.noaa.gov/>)

2.1.4 Pengaruh *biofouling* pada kapal

Pengaruh-pengaruh yang ditimbulkan dari penempelan *biofouling* mengakibatkan kerugian yang cukup besar yang dialami manusia. Salah satunya didapat merusak karakteristik hidrodinamis dari sebuah kapal. Penempelan pada lambung dibawah sarat kapal dan propeller menyebabkan meningkatnya kekasaran pada daerah tersebut. Safriel et al (1989) menyebutkan, *biofouling* dapat menyebabkan dinding lambung kapal menjadi tidak teratur dan kasar sehingga memperbesar hambatan kapal dan meningkatkan pemakaian bahan bakar, hal ini mengakibatkan penurunan kecepatan dan manuver daya jelajah kapal. Laju kapal yang semakin berat otomatis juga dapat mengakibatkan peningkatan biaya bahan bakar.

Biofouling juga dapat mempercepat terjadinya kerusakan korosi pada bagian ditemplei. Jika biota *biofouling* menempel pada lunas kapal, maka keberadaan mereka akan mengurangi kecepatan kapal dengan daya yang sama. (Moerdianto, 2005), mengatakan adanya *biofouling* pada lambung dan lunas kapal dapat meningkatkan pemakaian bahan bakar sebanyak 10% karena memperbesar hambatan kapal sehingga mengurangi kecepatan. Pemakaian bahan bakar kapal yang berlayar di perairan beriklim sedang selama enam bulan di laut akan meningkat sebesar 35-50% (Iselin, 1967). Sedangkan penggunaan bahan bakar diperkirakan akan lebih meningkat di perairan tropis. Hal ini disebabkan kandungan nutrient di perairan tropik yang lebih tinggi sehingga meningkatkan mekanisme *biofouling*. Pengaruh lain dari *biofouling* adalah menyebabkan menimbulkan korosi serta menghambat aliran air ke saluran atau pipa (Koestowo, 2006).

2.2 Dasar Teori Bambu

Bambu merupakan tanaman tahunan yang sering diberi julukan rumput raksasa. Tanaman penghasil rebung ini memang termasuk dalam famili rumput-rumputan (gramineae) dan masih berkerabat dekat dengan padi dan tebu. Tanaman bambu dimasukkan ke dalam subfamili bambusoideae. Bambu terdiri dari beberapa marga atau genus dan setiap marga mempunyai beberapa jenis atau spesies (Berlian dan Estu, 1995). Tanaman bambu tersebar di seluruh kawasan nusantara. Bambu dapat tumbuh di daerah iklim basah sampai kering, dari dataran rendah hingga ke daerah pegunungan dan biasanya di tempat-tempat terbuka yang daerahnya bebas dari genangan air. Tanaman ini hidup merumpun, mempunyai ruas dan buku, pada setiap ruas tumbuh cabang-cabang yang berukuran jauh lebih kecil dibandingkan dengan buluhnya sendiri. Pada ruas-ruas ini tumbuh akar-akar sehingga memungkinkan untuk

memperbanyak tanaman dari potongan-potongan ruasnya, selain tunas-tunas rumpunnya (Batubara, 2002).

Seperti kebanyakan rerumputan, bambu tumbuh dan berbunga, menghasilkan biji dan mati, karena bambu sangat jarang berbunga, biasanya dikembangbiakkan secara vegetatif. Bambu jenis menjalar biasanya dikembangkan dengan potongan rizomanya. Sedangkan bambu rumpun biasanya dikembangbiakkan dengan potongan batang bambu yang menyertakan ruas yang memiliki bakal tunas. Cabang tunas ini nantinya akan membentuk akar dan menghasilkan rizoma dan batang bambu baru. Batang bambu memiliki rongga dan dibatasi oleh node (buku) tempat tumbuhnya ranting dan daun bambu. Tunas monokotil seperti bambu dan palem tidak memiliki kambium. Sebagai material alami, bambu mempunyai sifat fisis, mekanis dan kimiawi yang berbeda. Hal tersebut tergantung pada jenis bambu, lingkungan tumbuh, umur, dan asalnya. Bambu memiliki diameter silinder sekitar 2-30 cm dengan panjang mencapai 3-35 m. batang bambu berongga dan dibatasi oleh buku (*node*), dan rongga antar dan rongga antar bambu dipisahkan oleh diafragma.

Ukuran ketebalan dinding dan garis tengah dari bambu tergantung dari umur bambu itu (Ross 1993). Bambu merupakan jenis tanaman yang mudah dan cepat tumbuh. Dalam setahun bambu akan muncul dengan rebung terlebih dahulu, sedangkan tahun berikutnya bambu akan mengalami proses penuaan dan pada akhirnya bambu dapat ditebang. Pembudidayaan bambu sebenarnya merupakan usaha yang cepat menghasilkan, karena dalam waktu 4 tahun sudah dapat melakukan pemanenan yang pertama (Widjaja *et al.* 1994).

2.2.1 Pengertian umum

Batang bambu terdiri dari sel-sel parenkim yang membentuk jaringan dasar dan ikatan vascular (*vascular budle*) yang mengandung pembuluh (*vessel*), pembuluh tapis (*sievetubes*) dan serat (*fibre*). Batang bambu terdiri dari 50% parenkim, 40% serat dan lignin tracheid yang dimilikinya terdiri atas selulosa, 5% sel-sel penghubung, 5% silica. Meskipun batang bambu bukan merupakan “pohon” sejati, namun bisa sangat keras karena kandungan silica dan ligninnya. Parenkim dan sel-sel penghubung lebih banyak ditemukan di bagian dalam batang bambu, sedangkan pada bagian luar batang persentase serat lebih tinggi (Liese, 1980).

Penelitian sifat kimia bambu telah dilakukan oleh Gusmailina dan Sumadiwangs (1988), meliputi penetapan kadar selulosa, lignin, pentosan, abu, silica serta kelarutan dalam air dingin, air panas dan alcohol benzen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar selulosa

berkisar antara 42,4% - 53,6%, kadar lignin bambu berkisar antara 19,8% - 26,6%, sedangkan kadar pentosan 1,24% - 3,77%, kadar abu 1,24% - 3,77%, kadar silika 0,10% - 1,78%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam air dingin) 4,5% - 9,9%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam air panas) 5,3% - 11,8%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam alkohol benzene) 0,9% - 6,9%.

1. Parenkim

Jaringan dasar terdiri dari sel-sel parenkim yang pendek, umumnya memanjang secara vertikal (100x20 μm) berbentuk seperti kubus yang saling menyisip satu dengan lainnya. Sel-sel tipe ini memiliki dinding yang tebal serta mengalami lignifikasi pada tahap awal pertumbuhan rebungannya. Sel-sel yang berukuran lebih pendek dicirikan oleh sitoplasma tebal dan berdinding tipis, serta tidak menunjukkan terjadinya lignifikasi walau batang menjadi dewasa dan aktifitas sitoplasma tetap berlangsung sepanjang waktu. Sel-sel parenkim saling berhubungan satu dengan lainnya melalui noktah sederhana berukuran kecil yang terdapat pada dinding longitudinal (Liese, 1980).

2. Ikatan Vaskular

Menurut Dransfield dan Widjaja (1995), ikatan vaskular pada batang bambu terdiri dari xylem dengan 1-2 elemen protoxylem berukuran kecil dan 2 pembuluh metaxylem berukuran besar (diameter 40-120 μm) dan floem yang berdinding tipis, pembuluh tapis tidak berlignin yang saling berhubungan untuk menggabungkan sel-sel. Jaringan floem dan pembuluh metaxylem dikelilingi oleh selubung sklerenkim. Bagian luar batang terdapat ikatan vaskular berukuran kecil dalam jumlah banyak sedangkan pada bagian dalam batang berukuran besar dalam jumlah sedikit. Jumlah ikatan vaskular berkurang dari bagian luar ke bagian dalam batang bambu, dan dari bawah ke ujung batang. Menurut Tamolang et al. (1980), menjelaskan dengan rinci bahwa ikatan vascular beragam dalam formulasi (susunan), ukuran, jumlah, dan bentuk. Bentuk formulasi ikatan vaskular antara lain peripheral, transtitional, central dan inner. Peripheral memiliki ikatan vaskular berukuran kecil dalam jumlah banyak yang tersusun secara tangensial, transtitional membentuk ikatan yang tidak sempurna, sentral membentuk ikatan yang sempurna, sedangkan inner umumnya berukuran kecil, sederhana dan sering tidak beraturan.

3. Serat

Serat bambu dicirikan oleh sel-sel sklerenkim yang mengelilingi ikatan vaskular dan dipisahkan oleh parenkim. Panjang serat sangat beragam tergantung jenis bambu. Panjang serat bertambah dari bagian luar batang bambu dan mencapai maksimum pada

bagian tengah batang kemudian makin berkurang hingga ke bagian dalam batang. Serat terpendek ditemukan disekitar buku sedangkan serat terpanjang berada di bagian tengah ruas bambu (Dransfield dan Widjaja, 1995).

Menurut Liese (1980), menyatakan bahwa serat lebih banyak ditemukan di sepertiga bagian luar, sedangkan parenkim dan sel-sel penghubung (conducting cells) lebih banyak ditemukan disepertiga bagian dalam. Pada arah vertikal, jumlah serat meningkat dari bagian bawah ke atas, sebaliknya jumlah parenkim menurun.

2.2.2 Sifat Fisis Bambu

1. Bentuk Serat

Kolom bambu terdiri atas sekitar 50% parenkim, 40% serat dan 10% sel penghubung (pembuluh dan *sieve tubes*) Dransfield dan Widjaja (1995). Parenkim dan sel penghubung lebih banyak ditemukan pada bagian dalam dari kolom, sedangkan serat lebih banyak ditemukan pada bagian luar. Sedangkan susunan serat pada ruas penghubung antar buku memiliki kecenderungan bertambah besar dari bawah ke atas sementara parenkimnya berkurang.

2. Kadar Air

Kadar air didefinisikan sebagai banyaknya air yang terkandung dalam spesimen bahan atau dinyatakan sebagai persentase berat air yang terdapat dalam spesimen bahan terhadap berat kering ovennya. Kadar air pada masing-masing bambu dapat berbeda hal tersebut dikarenakan pengaruh keadaan udara atau atmosfer. Bambu bersifat higrokopis artinya bambu memiliki daya tarik terhadap air, dalam hal ini air dimaksud dapat berwujud uap air maupun cairan. Bambu selalu berusaha mencapai keseimbangan, EMC (*Equilibrium Moisture Content*). Kemampuan bambu untuk menghisap dan mengeluarkan air tergantung pada suhu dan kelembaban udara sekelilingnya.

Perhitungan besarnya kadar air menurut Rochadi (1996) adalah sebagai berikut:

$$W^{air} = \frac{W^1 - W^2}{W^2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- W^{air} = Kadar air (%)
- W^1 = Berat bambu awal (gram)
- W^2 = Berat bambu akhir (gram)

Kadar air bambu bervariasi dalam suatu batang dipengaruhi oleh umur, musim pemanenan bambu dan jenis bambu. Dalam keadaan segar perbedaan yang lebih besar terjadi dalam satu batang yang berhubungan dengan umur, musim dan jenis. Buluh yang masih muda, berumur satu tahun memiliki kadar air yang relatif tinggi sekitar 120-130% baik pada bagian pangkal maupun ujung.

Bagian ruas menunjukkan nilai kandungan air yang lebih rendah dibandingkan bagian antar ruas. Perbedaannya dapat mencapai kadar air 25% dan lebih tinggi pada bagian pangkal dibandingkan bagian ujung. Batang yang berumur 3-4 tahun bagian pangkal memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan bagian ujung. Kandungan air bambu lebih tinggi pada bagian dalam dibandingkan bagian luar pada arah melintang batang (Liese 1986).

Penelitian ini untuk membuktikan hipotesis bahwa “kadar air bambu dipengaruhi oleh umur serta tempat tumbuhnya” dilakukan oleh Lu Xiu-xin et.al (1985) dalam Morisco (1999). Dilaporkan spesimen yang digunakan mencapai lebih dari 200 spesimen untuk setiap macam pengujian dan daerah asal bambu. Bambu diambil dari empat wilayah di Provinsi Shandong, dengan variasi umur 1 hingga 7 tahun.

Tabel 2.3 Kadar Air Bambu Menurut Umur dan Tempat Tumbuh

Umur (tahun)	Daerah Asal Bambu			
	Sancha	Dajinkou	Uahuaya	Luchany
1	95.66	88.58	95.53	121.22
2	87.39	86.85	91.96	105.25
3	79.02	84.97	80.26	99.11
4	77.46	84.73	79.45	76.18
5	77.21	81.54	70.67	74.02
6	73.21	80.96	67.87	70.40
7	66.93	71.77	66.52	

Sumber : (Lu Xiu-xin et.al 1985 dalam Morisco, 1999)

Kadar air bambu ditentukan oleh berat air yang terkandung dalam batang. Kadar air batang bambu yang segar berkisar 50-99% dan pada bambu muda 80- 150% sementara pada bambu kering bervariasi antara 12-18% (Dransfield dan Widjaya, 1995).

Berdasarkan Tabel 2.3 terlihat bahwa semua jenis bambu memiliki kadar air dan umur yang seimbang. Semakin tua umur bambu semakin berkurang juga kadar air yang dimiliki bambu tersebut.

3. Berat Jenis

Berat jenis bambu merupakan suatu nilai perbandingan antara kerapatan bambu dengan kerapatan benda standar pada kondisi suhu yang sama. Kerapatan sendiri dapat diartikan sebagai perbandingan massa suatu benda dengan volumenya. Air dengan kerapatan 1 gr/cm³ pada temperatur 40°C merupakan benda standar yang dimaksud. Semakin besar berat jenisnya maka semakin kuat pula bahan tersebut. Perhitungan besarnya berat jenis menurut Rochadi (1996) adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis} = \frac{W^2}{(1 + \frac{W^2}{100})} \times v \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

- W^{air} = kadar air (%)
- W^2 = Berat bambu akhir (gram)
- V = volume (cm³)

Berikut Tabel 2.4 dibawah ini adalah nilai berat jenis dari 6 jenis bambu hasil penelitian Hakim (1993).

Tabel 2.4 Beberapa berat jenis bambu

Jenis bambu	Berat jenis
apus	0.59
Legi	0.613
wulung	0.685
petung	0.717
Ori	0.744

Sumber: (Hakim, 1993)

2.3 Tingkat Kerusakan Material

Berbagai jenis kapal memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Demikian juga dengan bahan dasar pembuatnya yang memiliki perbedaan dalam kondisi menerima sesuatu dari ruang lingkup luar atau *eksternal factor*. Permasalahan pengotoran kapal oleh binatang laut, hal ini juga disebabkan oleh perbedaan karakteristik bahan kapalnya. Pada umumnya kapal

ikan sering kali menggunakan jenis material kayu yang berbeda pada setiap bagian-bagian kapal itu sendiri, karena setiap jenis kayu mempunyai keunggulan tersendiri. Beberapa jenis bahan material ada yang mempunyai keunggulan tahan terhadap penempelan binatang laut dan dilain sisi membutuhkan perlakuan tambahan untuk bisa mengimbangnya.

Hal ini pengaruh negatif yang dimungkinkan akan timbul akibat penempelan *biofouling*, yaitu:

2.3.1 Tingkat kerusakan material kayu

Kerusakan yang sering terjadi pada kayu disebabkan beberapa hal berikut:

1. Karatan pada alat penyambung
2. Komponen kayu yang dimakan rayap
3. Lemahnya sistem sambungan antar kayu
4. Perubahan ukuran kayu karena muai susut akibat perubahan suhu atau cuaca

2.3.2 Tingkat kerusakan material bambu

Kerusakan yang sering terjadi pada bambu disebabkan beberapa hal berikut:

1. Komponen rusak karena serat-serat bambu lapuk
2. Karatan pada alat penyambung
3. Lemahnya sistem sambungan antar bambu
4. Perubahan ukuran kayu karena muai susut akibat perubahan suhu atau cuaca

2.4 Kapal Ikan

Kapal kayu tradisional adalah kapal yang dibangun tanpa dasar proses desain. Jadi dibangun hanya berdasarkan pengalaman pembuatnya saja. Ukuran kapalnya juga relatif kecil, biasanya dipakai sebagai kapal penangkap ikan, kapal penumpang, dan kapal kargo antar pulau. Di Indonesia kapal tradisional tersebar di wilayah Indonesia bagian timur. Jumlah kapal nelayan yang beroperasi di bagian timur sekitar 10615 kapal dengan kapasitas 5GT – 10GT (Wahyuddin, 2011).

Kapal ikan merupakan suatu moda angkutan di laut yang sangat vital peranannya bagi masyarakat pesisir yang bermata pencaharian sebagai nelayan. Kapal ikan dibangun dengan beragam teknik dimana terdapat perbedaan di setiap daerah sesuai dengan kondisi daerah tersebut. Pembangunan kapal ikan secara umum masih dilakukan secara tradisional yaitu dengan mengikuti cara pembangunan kapal sebelumnya yang cenderung tanpa perencanaan yang tepat. Sedangkan saat ini seiring dengan berkembangnya teknologi perkapalan, setiap

pembangunan kapal termasuk kapal ikan direncanakan sesuai dengan permintaan dan kebutuhan dari pemiliknya.

Kekurangan kapal ikan tradisional adalah kecepatannya yang rendah dikarenakan besarnya hambatan kapal dan kecilnya propeller kapal. Hal ini terjadi karena tidak adanya hitungan tentang hambatan dan propulsi. Kekurangan yang lain adalah pada pemakaian bahan kayu yang berlebihan dalam proses produksinya, yaitu $\pm 20 \text{ m}^3$ sampai dengan 50 m^3 untuk kapal dengan ukuran lunas 10 m sampai dengan 20 m. Hal ini merupakan suatu pemborosan terhadap bahan baku kayu.

2.5 Perhitungan Hambatan Kapal (*Resistance*)

Hambatan total kapal terdiri dari beberapa komponen hambatan, yang pertama yaitu *viscous resistance* (hambatan kekentalan) yang merupakan penjumlahan dari *friction resistance* dengan *viscous pressure resistance*. Kedua adalah *wave resistance* (hambatan yang diakibatkan oleh gelombang kapal). Metode yang digunakan dalam perhitungan hambatan kali ini adalah: Holtrop & Mennen Method. *Sumber: Principle Naval Architect Vol. II page. 90 – 92*. Rumus hambatan total kapal :

$$R_t = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{\text{tot}} [C_f \cdot (1+k) + C_A] + R_w/W (W) \dots \dots \dots (2.3)$$

2.5.1 Perhitungan Luas Permukaan Basah Badan Kapal (*Stot*)

Menghitung luasan permukaan basah atau terendam oleh air. Notasi dari permukaan ini dilambangkan dengan S.

$$S_{\text{tot}} = S + S_{\text{app}} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$S = WSA \quad \text{dari hidrostatik atau}$$

$$= C_s \times (\nabla \times L)^{0.5} \quad (\text{Chapter 11 hal 11-9})$$

$$S = L(2T + B) \cdot C_M^{0.5} \cdot \left(0.4530 + 0.4425 C_B - 0.2862 C_M - \frac{0.003467 B}{T} + 0.3696 C_{wp} \right) + 2.38 A_{BT} / C_B$$

Keterangan:

A_{BT} = Cross sectional area of bulb in FP

= 0 (Tidak memakai bulb)

S_{app} = luasan dari daerah tonjolan (kemudi, boss dan propeller).

2.5.2 Perhitungan Koefisien Tahanan Gesek (C_f)

Langkah berikutnya adalah penentuan angka Reynold dan angka Froude. Bilangan Reynolds merupakan parameter yang dapat ditentukan menentukan suatu aliran itu laminar atau turbulen. Bilangan Reynolds merupakan bilangan tak berdimensi yang menyatakan perbandingan antara gaya intersia dan gaya viskos di dalam fluida. Data yang diperlukan untuk menghitung angka-angka ini meliputi kecepatan kapal (v atau V_s), panjang garis air kapal (L_{wl}), grafitasi (g), dan koefisien viskositas kinematis (ν). Data tersebut kita masukkan dalam rumus:

$$R_n = v \cdot L_{wl} / \nu \dots\dots\dots (2.5)$$

ν = Kinematic viscosity

$$= 1.18831 \cdot 10^6 \text{ m/s}^2$$

$$F_n = v / (g \cdot L_{wl})^{1/2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Selanjutnya, dari data perhitungan tersebut dapat ditentukan besarnya koefisien gesek (C_f), yang dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$C_f = 0,075 / (\log R_n - 2) \dots\dots\dots (2.7)$$

2.5.3 Perhitungan Koefisien Faktor Bentuk ($1+k$)

Setelah menentukan besarnya Koefisien Tahanan Gesek, maka langkah berikutnya adalah menentukan Koefisien Bentuk. Dalam buku *Principles of Naval Architecture, vol. II, hal. 91* diberikan rumusan baku dari perhitungan Koefisien Bentuk ($1 + k$), yaitu:

$$1 + k = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \cdot S_{app}/S_{tot} \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana :

$$1 + k_1 = 0,93 + 0,4871 \cdot c \cdot (B/L)^{1,0681} \cdot (T/L)^{0,4611} \cdot (L/L_R)^{0,1216} \cdot (L^3/V)^{0,364} \cdot (1-C_p)^{0,6042}$$

Selanjutnya dapat ditentukan besarnya L/L_R yaitu dengan cara memasukkan nilai-nilai yang kita peroleh pada perhitungan sebelumnya kedalam rumus berikut:

$$L/L_R = (4 \cdot C_p - 1) / (1 - C_p + 0,06 \cdot C_p \cdot LCB) \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan menginput data tersebut akan diperoleh besarnya notasi dari ($1+k_1$) yaitu sebesar:

$$1 + k_1 = 0,93 + 0,4871 \cdot c \cdot (B/L)^{1,0681} \cdot (T/L)^{0,4611} \cdot (L/L_R)^{0,1216} \cdot (L^3/V)^{0,364} \cdot (1-C_p)^{-0,6042}$$

Setelah itu, kita menentukan besarnya kostanta c yang menunjukkan fungsi dari bentuk buritan atau stern kapal. Menurut buku *Principles of Naval Architecture, vol. II hal. 91*:

$$c = 1 + 0,011 \cdot C_{\text{stern}}$$

$c_{\text{stern}} = -25$, untuk pram dengan gondola

$c_{\text{stern}} = -10$, untuk potongan bentuk V

$c_{\text{stern}} = 0$, untuk bentuk potongan normal

$c_{\text{stern}} = +10$, untuk potongan bentuk U dengan stern Hogner

Untuk nilai dari $(1 + k_2)$, sesuai dengan data yang ada dalam *Tabel 2.5 buku PNA Vol.2, hal. 92*, merupakan fungsi dari tipe tonjolan atau tambahan pada badan kapal sebagai berikut:

Tabel 2.5 Buku PNA Volume 2 halaman 92

Type of appendage	Value of $(1 + k_2)$
Rudder of single-screw ship	1.3 to 1.5
Spade-type rudders of twin-screw ships	2.8
Skeg-rudders of twin-screw ships	1.5 to 2.0
Shaft brackets	3.0
Bossings	2.0
Bilge keels	1.4
Stabilizer fins	2.8
Shafts	2.0
Sonar dome	2.7

2.5.4 Perhitungan Koefisien Tahanan Udara (C_A)

Tahapan berikutnya adalah menentukan nilai dari Koefisien Tahanan Udara yang dilambangkan dengan notasi C_A , yang dapat dicari dengan persamaan dibawah ini:

$$C_A = 0,006 (L_{WL} + 100)^{-0,16} - 0,00205 \quad \text{untuk } T/L_{WL} > 0,04$$

$$C_A = 0,006 (L_{WL} + 100)^{-0,16} - 0,00205 + 0,003 (L_{WL}/7.5)^{0.5} C_B^4 C_2 (0.04 - T/L_{WL}), \text{ untuk } T/L_{WL} < 0,04$$

2.5.5 Perhitungan Koefisien Tahanan Gelombang (R_w/W)

Setelah melakukan perhitungan tahanan gesek dan udara maka langkah ,selanjutnya adalah menentukan besarnya nilai Koefisien Tahanan Gelombang dari kapal. Besar nilai tersebut dapat diperoleh sesuai dengan rumus pada *Principles of Naval Architecture, vol. II hal. 92- 94* , sebagai berikut:

$$Rw/W = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot E^{m_1 Fn^d + m_2 \cos(\lambda \cdot Fn - 2)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

Untuk kecepatan rendah [$Fn \leq 0.4$]

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

Dengan :

$C_4 = B/L$ untuk $0.11 \leq B/L \leq 0.25$

$d = 0.9$

i_E = Half angle of entrance at the load waterline

$$= 125.67 \frac{B}{L} - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 \left(LCB + \frac{6.8(T_a - T_f)}{T} \right)^3$$

T_a = moulded draft at AP [m]

T_f = moulded draft at FP [m]

T_a & $T_f = T$ [m]

$$C_2 = e^{-1.89} \frac{A_{BT} \gamma_B}{BT (\gamma_B + i)}$$

Dengan:

γ_B = Effective bulb radius

$$= 0.56 A_{BT}^{0.5}$$

i = Effective submergence of the bulb

$$= T_f - h_a - 0.4464 \gamma_B$$

T_f = Moulded draft at FP = T

h_B = Height of the centroid of the area ABT above base line

$$= 85\% D/2$$

$$C_3 = 1 - 0.8 A_T / (BTC_M)$$

Dengan:

A_T = Immersed area of the transom at zero speed = 0

$$M_1 = 0.01404 L/T - 1.7525 V^{1/3}/L - 4.7932/L - C_5$$

Dengan:

$$C_5 = 8.0798 \cdot C_p - 13.8673 \cdot C_p^2 - 6.9844 \cdot C_p^3 \quad \text{untuk } C_p \leq 0.8$$

$$C_5 = 0.7301 - 0.7067 \cdot C_p \quad \text{untuk } C_p \geq 0.8$$

$$M_2 = C_6 0.4 e^{10.034 Fn - 3.29}$$

Dengan :

$$C_6 = -1.69385 \quad \text{untuk } L^3/\nabla \leq 512$$

$$\lambda = 1.446C_p - 0.03 L/B \quad \text{untuk } L/\nabla \leq 512$$

2.5.6 Perhitungan Gaya Keatas pada Kapal atau Bouyancy (W)

Salah satu unsur yang perlu dihitung dalam menentukan besarnya tahanan total adalah gaya keatas yang ditimbulkan oleh fluida yang biasa dikenal dengan sebutan Bouyancy. Besarnya gaya keatas tersebut di notasikan dalam W, rumusnya sebagai berikut:

$$W = 1,025 \cdot \nabla \cdot g \quad (2.11)$$

Dimana:

W = Gaya keatas atau Bouyancy

∇ = Volume dari kapal

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

2.5.7 Perhitungan Tahanan Total Kapal (R_T)

Tahapan terakhir dalam penentuan besarnya Tahanan Total suatu kapal adalah mensubstitusikan semua notasi yang kita peroleh dari perhitungan awal. Setelah mendapatkan nilai dari notasi seluruhnya maka kita dapat menentukan besarnya Tahanan Totalnya, yaitu dengan rumusan sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot Stot [C_F (1 + k) + C_A] + R_W/W \cdot W \quad (2.12)$$

Dimana:

ρ = massa jenis air laut

Daya efektif pada kapal dapat dicari dengan rumus:

$$EHP = R_t \times v$$

Dimana:

R_t = Tahanan Total Kapal (KN)

v = Kecepatan Kapal (m/s)

Sehingga dengan memasukkannya ke dalam rumus akan didapatkan :

$$EHP = R_t \times v \text{ (KW)}$$

2.6 Kosumsi Bahan Bakar, Minyak Pelumas dan Air Tawar

Konsumsi bahan bakar (*W_{fo}*) pada kapal bisa diperkirakan dengan rumus sebagai berikut:

$$Pf = \frac{a \times (EHP_{Me} + EHP_{Ae}) \times Cf}{V \times 1000} \quad (2.13)$$

Dengan *a* merupakan jarak pelayaran (mil laut), *EHP_{Me}* merupakan konsumsi bahan bakar untuk mesin induk (HP), *EHP_{Ae}* merupakan konsumsi bahan bakar untuk mesin

pembantu (HP), C_f merupakan kebutuhan bahan bakar per jam (ton/HP/jam) dan V merupakan kecepatan kapal (m/s).

Konsumsi minyak pelumas (W_{sc}) pada kapal bisa diperkirakan dengan rumus sebagai berikut:

$$Pl = \frac{a \times (EHP_{Me} + EHP_{Ae}) \times Cl}{V \times 1000} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan a merupakan jarak pelayaran (mil laut), EHP_{Me} merupakan konsumsi bahan bakar untuk mesin induk (HP), EHP_{Ae} merupakan konsumsi bahan bakar untuk mesin pembantu (HP), Cl merupakan kebutuhan minyak pelumas (Kg/HP/jam) dan V merupakan kecepatan kapal (m/s).

Konsumsi air tawar (W_{fw}) dibagi menjadi dua bagian berat air untuk ABK dan berat air tawar untuk pendingin mesin, berikut rumusnya:

$$Pa1 = \frac{a \times Z \times Ca1}{24 \times Vs \times 1000} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan a merupakan jarak pelayaran (mil laut), Z merupakan konsumsi jumlah ABK (orang), Ca merupakan batasan kebutuhan setiap hari (Kg/org/hari) dan V merupakan kecepatan kapal (m/s).

2.7 Rangkaian Penelitian

Dalam tugas akhir ini melanjutkan ide yang disarankan berdasarkan dari penelitian sebelumnya, berikut adalah penelitian sebelumnya:

- Azhar, Rinaldi (2008), “Pengaruh Warna Cat Anti Korosi Terhadap Penempelan *Biofouling* Berdasarkan Faktor Kedalaman Laut”, Tugas Akhir, ITS, Surabaya.

Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan dua puluh spesimen uji dengan dimensi yang sama, spesimen uji dilapisi cat anti korosi dengan lima warna cat yang berlainan, yaitu merah, oranye, hijau, biru, dan putih. Pengujian dilakukan selama delapan minggu dan analisa yang dilakukan secara periodik selama dua minggu sekali. Dari hasil pengujian diketahui bahwa penempelan terendah terdapat pada spesimen dengan cat berwarna putih, sehingga dapat disimpulkan bahwa cat warna putih adalah yang paling efektif diantara keempat warna cat lainnya.

- Budiharta, Rariya (2009), “Studi Penempelan *Biofouling* dengan Variasi Jenis Material di Laut Tropis”, Tugas Akhir, ITS, Surabaya.

Penelitian ini menentukan penggunaan bahan material apa yang dianjurkan dalam upaya meminimalisir penempelan *biofouling* yang ada, serta mengetahui perbandingan penggunaan cat *antifouling* dan tanpa cat *antifouling* yang diterapkan pada substrat-substrat yang ada. Untuk mengetahui validitas dari berat dan perbandingan tersebut, digunakan lima macam variasi bahan pembuatan kapal yaitu baja, kayu, aluminium, fiberglass dan bambu. Tiap material uji tersebut disediakan lima spesimen. Spesimen yang digunakan memiliki dimensi yang sama dan perlakuan pada masing-masing layer yang sama. Layer A tanpa cat *antifouling* dan layer B menggunakan cat *antifouling*, sehingga terdapat dua puluh lima spesimen. Pengujian dilakukan selama sepuluh minggu dan dilakukan analisa secara periodik selama dua minggu sekali. Hasil pengujian diketahui bahwa penempelan *biofouling* terbesar pada layer A (tanpa cat) adalah pada material bambu dan pada Layer B (dicat *antifouling*) adalah aluminium. Sedangkan untuk yang paling kecil jumlah penempelannya pada layer A adalah baja dan pada layer B adalah fiberglass

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Persiapan Material Uji

Penelitian ini menggunakan variasi material yaitu material kayu jati (*Tectona grandis L.f.*) dan bambu Petung (*Dendrocalamus asper*). Berikut adalah langkah-langkah awal sebelum pembuatan material spesimen uji yaitu:

3.1.1 Pemilihan Material

3.1.1.1 Pemilihan Bambu

Material pertama yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah bambu Petung (*Dendrocalamus asper*). Bambu didapatkan dari hasil tanam penduduk di sekitar wilayah Poncokusumo, Kabupaten Malang, Jawa Timur dengan Luas Kecamatan Poncokusumo adalah 20.632 hektare. Bambu yang digunakan berusia tanam di atas empat tahun dan dibutuhkan sejumlah 6 batang utuh dengan dipotong panjang rata-rata 4 meter. Gambar 3.1 dibawah ini merupakan bambu Petung yang telah dipanen disekitar daerah Poncokusumo, Kabupaten Malang, Jawa Timur.



Gambar 3.1 Bambu Petung yang telah Dipanen

Di bawah ini adalah salah satu contoh pemeriksaan kadar air bambu menggunakan alat *wood moisture meter* dengan nilai yang ditampilkan sebesar 32,0%. Bambu yang telah ditebang kemudian disortir berdasarkan dua kriteria, pertama adalah nilai kadar air tidak boleh lebih dari 50% terlihat pada Gambar 3.2 dan yang kedua batang bambu harus selurus mungkin tanpa adanya lengkungan yang ekstrim.



Gambar 3.2 Pemeriksaan Kadar Air pada Bambu

Bambu yang terpilih kemudian dipecah secara memanjang berbentuk bilahan dengan ukuran lebar kurang lebih tiga setengah sentimeter. Proses ini didapatkan kurang lebih dua ratus dua puluh lima bilah bambu, dimana hasilnya dapat dilihat pada pada Gambar 3.3. Selain itu, ruas dan kuku yang terdapat pada bambu dibersihkan untuk memudahkan proses *machining*.

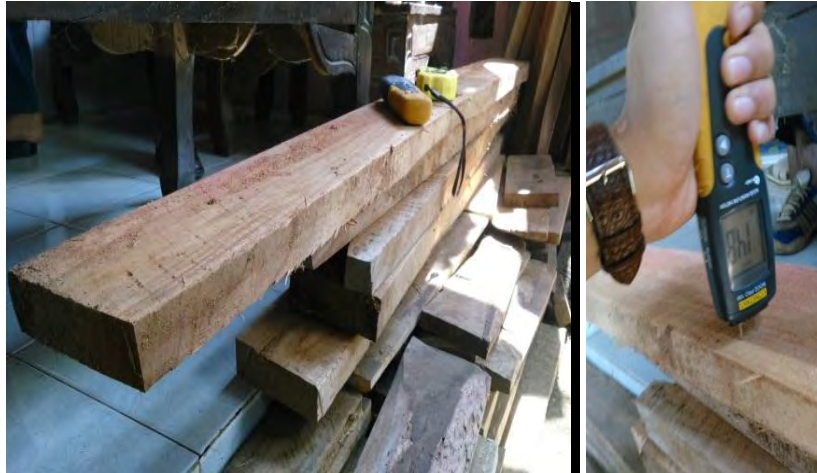


Gambar 3.3 Batang Dipecah Menjadi Bilah
S sepanjang 1.8 m dan 2.15 m

3.1.1.2 Pemilihan Kayu Jati

Material kedua yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah kayu jati (*Tectona grandis L.f.*). Kayu jati ini didapatkan dari hasil tanam penduduk di sekitar wilayah Kabupaten Sumenep, Provinsi Jawa Timur. Kayu jati yang digunakan berkisar umur kira-kira 7 tahun keatas.

Kayu jati yang telah ditebang kemudian disortir, pertama adalah nilai kadar air tidak boleh lebih dari 50%. Gambar 3.4 di bawah ini adalah salah satu contoh pemeriksaan kadar air kayu jati menggunakan alat *wood moisture meter* dengan nilai yang ditampilkan sebesar 14,8%.



Gambar 3.4 Pemeriksaan Kadar Air Pada Kayu Jati

Kayu jati yang digunakan berusia tanam di atas tujuh tahun dan dibutuhkan total sejumlah 18 spesimen dengan ukuran yang berbeda 50x3x3 dan 65x3x3 masing-masing berjumlah 9 spesimen. Gambar 3.5 inilah spesimen yang sudah dibentuk dengan dimensi yang diinginkan.



Gambar 3.5 Spesimen Kayu Jati yang Sudah Jadi

3.1.2 Pengawetan

Sebanyak kurang lebih dua ratus dua puluh lima bilah bambu direndam pada bak yang berisi campuran air bersih dan larutan boraks 2,5% untuk diawetkan selama tujuh hari. Ditunjukkan pada Gambar 3.4 proses pencampuran boraks dan perendaman bilah dalam larutan pengawet.



Gambar 3.6 Pelarutan Boraks (a) dan Perendaman Bilah (b) dalam Larutan Pengawet

Proses pengawetan dilakukan seluruhnya di Laboratorium Teknologi Produksi dan Manajemen Perkapalan, Jurusan Teknik Perkapalan, ITS. Bambu dibiarkan di tempat terbuka seperti pada Gambar 3.7 dengan kondisi tanpa terkena sinar matahari langsung selama dua hari untuk proses pengeringan.



Gambar 3.7 Bilah Diposisikan Berdiri Selama Pengeringan.

3.1.3 Pembuatan Bilah

Setiap bilah bambu harus melewati proses penipisan dengan menggunakan mesin *planar* dengan ketebalan rata-rata sepuluh milimeter terlihat pada gambar 3.8. Selanjutnya bilah bambu dipotong secara melintang menggunakan *jigsaw* yang menghasilkan ukuran panjang lima puluh dan enam puluh lima centimeter, dimana hasil pemotongan ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.8 Proses Penipisan Bilah Bambu Menggunakan Mesin *Planar*



Gambar 3.9 Potongan Bilah Bambu Sepanjang 50 cm dan 65 cm

Dilihat dari potongan melintang, bagian samping bilah (lebar) bambu masih belum seragam dan tidak rata. Oleh karena itu, kedua sisi lebar bilah diratakan menggunakan mesin serut (*handplanar*) yang menghasilkan ukuran lebar tiga centimeter seperti ditunjukkan pada Gambar 3.10, sehingga diperoleh dimensi akhir bilah dengan ukuran 500x30x10 mm dan 650x30x10 mm



Gambar 3.10 Pemerataan Menggunakan *Handplanar*

Kulit bambu dan serbuk halus yang tersisa pada daging bagian dalam sangat resisten terhadap perekat, maka sebelum dibentuk menjadi papan laminasi kedua elemen tersebut harus dibersihkan menggunakan pisau atau *cutter* dan amplas. Proses pembersihan kulit dan serbuk halus pada tiap bilah ditunjukkan pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 Bilah Satu per satu Dikuliti

3.2 Pembuatan Spesimen Uji

Spesimen uji dibentuk dari papan laminasi utuh, bahan bakunya berupa bilah-bilah bambu yang telah diproses. Bambu yang digunakan menggunakan bambu Petung yang telah diawetkan dari perendaman *Borax*.

Urutan langkah-langkah pembuatan papan laminasi dijelaskan sebagai berikut:

1. Kadar air tiap bilah diperiksa kembali dengan nilai ketentuan maksimum 20% terlihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Pemeriksaan Kadar Air Tiap Bilah dengan *Moisture Meter*

2. Bilah-bilah kemudian disusun dan diberi tanda nomer sebagai perencanaan awal setiap papan laminasi yang akan dibentuk terlihat pada Gambar 3.13,



Gambar 3.13 Penyusunan dan Penomoran Tiap Bilah

3. Sesuai aturan susunan metode tumpuk bata, bilah disusun satu per satu dengan ukuran 500x500x30 mm untuk spesimen uji tarik dan ukuran 650x500x30 mm untuk spesimen uji bending terlihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Pemeriksaan Tebal Susunan Papan Laminasi dengan Jangka Sorong

4. Perekat *epoxy* dipersiapkan dengan rasio *resin-hardener* adalah 1:1 terlihat pada Gambar 3.15 jenis epoxy yang dipakai dan pengukuran berat komposisi. Komposisi berat total kedua senyawa tersebut sebesar 1000 gram untuk satu papan laminasi spesimen uji tarik dan 1200 gram untuk satu papan laminasi spesimen uji bending.



Gambar 3.15 Jenis *Epoxy* yang dipakai

5. Susunan bilah yang telah diberi nomor diletakkan sesuai urutannya di atas mesin *press* yang diberi alas kertas, kemudian tiap lapisan dioleskan perekat epoxy menggunakan kapi secara merata hingga lapisan terakhir/teratas terlihat pada Gambar 3.16,



Gambar 3.16 Aplikasi Perekat dan Penyusunan Sesuai Nomor dan Lapisan Bilah

6. Setelah proses pengeleman selesai, lapisan terakhir ditutupi kertas agar lem perekat tidak menempel pada tempat bidangnya diikuti dengan peletakkan pelat bagian atas dan kemudian tiap penumpu diposisikan segaris agar proses pengempaan merata terlihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Lapisan Terakhir Ditutupi Kertas dan Peletakkan Penumpu

7. Proses pengeringan perekat pada papan laminasi ini membutuhkan waktu kurang lebih selama 3-4 jam.
8. Papan laminasi yang telah kering dibersihkan dari sisa kertas yang menempel dan perekat yang berlebih menggunakan mesin *planar* dan amplas, dimana hasil pembersihannya dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Papan Laminasi Siap Dibentuk Menjadi Spesimen Uji

9. Papan laminasi yang telah dibersihkan selanjutnya dibentuk menjadi balok spesimen uji dengan dimensi dan jumlah yang disesuaikan dengan jumlah yang direncanakan menggunakan mesin potong *circle* terlihat pada Gambar 3.19 dan hasilnya bisa dilihat di Gambar 3.20.



Gambar 3.19 Pemotongan Papan Laminasi Menggunakan Mesin Potong *Circle*

Inilah hasil dari pemotongan papan laminasi setelah itu diberi tanda pada balok spesimen uji ini sesuai dengan ukuran dimensi dan ukuran kedalaman yang akan di ujikan.



Gambar 3.20 Balok Hasil Pemotongan Dari Papan Bambu Laminasi

10. Semua balok spesimen uji baik bambu laminasi dan kayu jati yang sudah jadi setelah itu di bor diberi lubang berdiameter 1 cm pada ujung setiap balok untuk dipasang pengait saat dilakukannya pengujian.
11. Tali yang digunakan untuk pemasangan spesimen menggunakan tali tambang berukuran 10 mm.

3.3 Langkah Penelitian

Pada tahap ini dilaksanakan pengujian spesimen bambu laminasi dan kayu jati menggunakan metode perendaman spesimen uji dengan air laut. Variasi yang akan dilakukan menggunakan tiga variasi kedalaman laut berdasarkan periode waktu dua minggu selama delapan minggu perendaman yang berlangsung. Periode waktu pengujian tersebut akan didapatkan jumlah biofouling yang menempel pada spesimen uji dan data penambahan berat untuk mendapatkan pengotoran biologis antara dua material yang berbeda.

3.3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pengujian dan penelitian dilakukan di perairan Madura, tepatnya di Desa Talango, Kota Sumenep terlihat pada Gambar 3.21. Pengujian ini dibagi menjadi 3 kelompok spesimen uji. Dalam satu kelompok terdapat dua belas spesimen uji yang berbeda ukuran dan variasi material. Waktu pengujian dan penelitian akan dilaksanakan pada tanggal 29 maret 2015 sampai dengan 24 mei 2015. Analisa dilakukan setiap periode dua minggu sekali pada spesimen uji.



Gambar 3.21 Lokasi Penelitian

3.3.2 Alat, Bahan dan Cara Kerja

3.3.2.1 Persiapan Spesimen Uji

Spesimen uji adalah bambu laminasi yang terbuat dari bilah bambu Petung yang ditumpuk silang dengan membentuk papan balok dan dipotong dua macam ukuran balok I membentuk ukuran (65x10x3 cm) dan balok II (50x10x3 cm). Jumlah spesimen uji untuk setiap variasi material mengikuti aturan ASTM D3500-90R03 untuk tarik dan ASTM D3043-00 untuk bending yang diperlukan dalam penelitian ini sebanyak 144 pcs.

Setiap material memiliki 12 spesimen balok pada kayu dan bambu, digunakan lubang tambahan ($D=1$ cm) dengan masing-masing jarak 2 cm pada ujung spesimen untuk meletakkan tali yang digunakan untuk mengikat spesimen pada rakit percobaan (gambar 3.21) dan diletakkan pemberat agar material tersebut memiliki kedalaman yang ditentukan, dengan 3 variasi kedalaman air laut.

Spesifikasi spesimen uji adalah:

Bambu Laminasi			
Panjang	=	50 cm	65 cm
Lebar	=	10 cm	10 cm
Tebal	=	3 cm	3 cm
Kebutuhan	=	36 pcs	36 pcs
Jumlah	=	72 spesimen	

Kayu Jati			
Panjang	=	50 cm	65 cm
Lebar	=	3 cm	3 cm
Tebal	=	3 cm	3 cm
kebutuhan	=	36 pcs	36 pcs
Jumlah	=	72 spesimen	

Adapun hasil persiapan material uji adalah sebagai berikut:



(a)



(b)

Gambar 3.22 (a) Spesimen Kayu Jati dan (b) Spesimen Bambu Laminasi

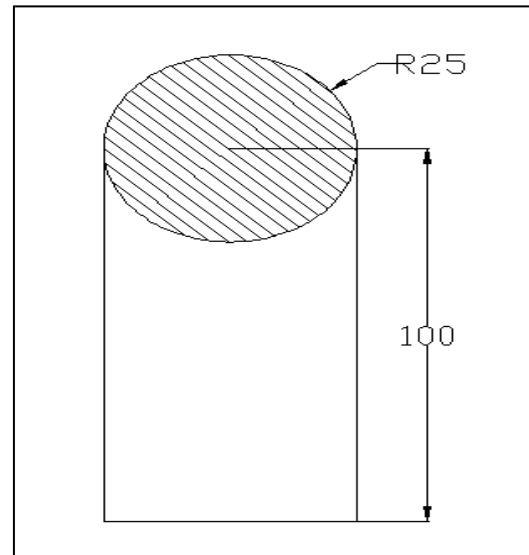
3.3.2.2 Persiapan Rakit Percobaan

1. Tong kedap udara

Tong kedap yang digunakan mempunyai ukuran yang terlihat pada Gambar 3.23

Spesifikasi:

Panjang	Diameter	Jumlah
dalam satuan cm		2
100	50	



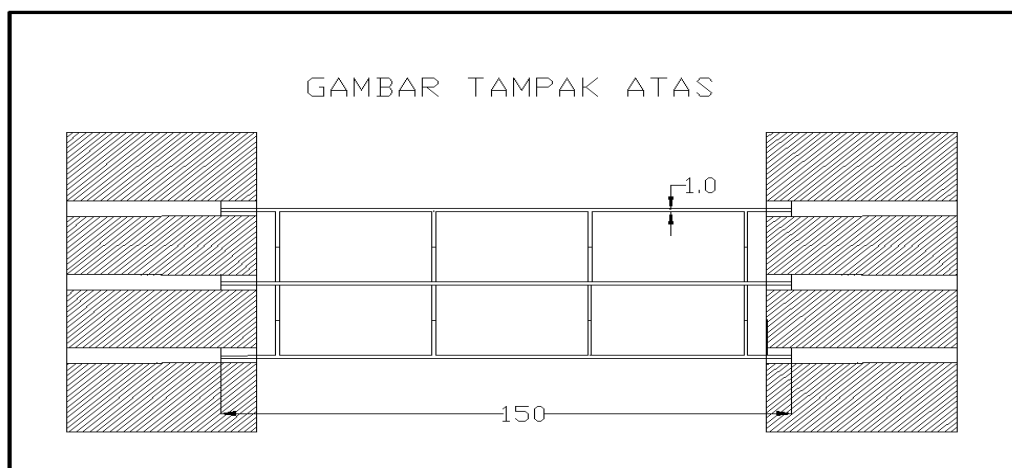
Gambar 3.23 Tong Kedap

2. Penyangga rakit percobaan

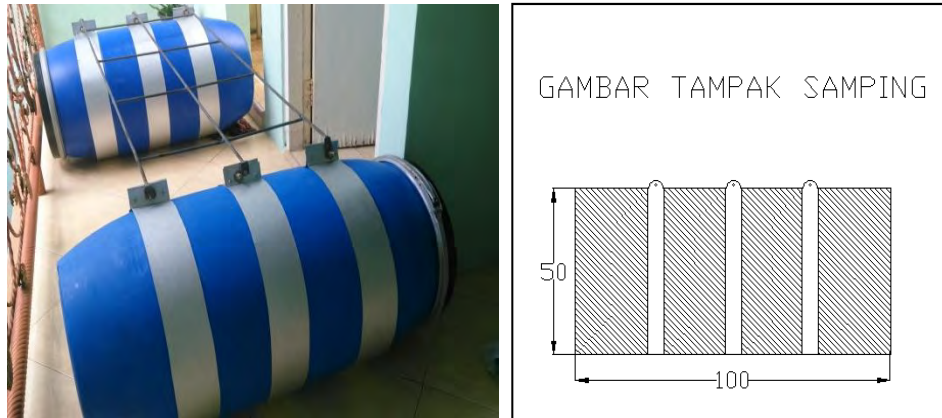
Penyangga dirancang seperti ukuran yang terlihat pada Gambar 3.24..

Spesifikasi:

Panjang	Diameter	Jumlah
dalam satuan cm		3
150	1	



Gambar 3.24 Rakit Percobaan Tampak Atas



Gambar 3.25 Rakit Percobaan Tampak Samping

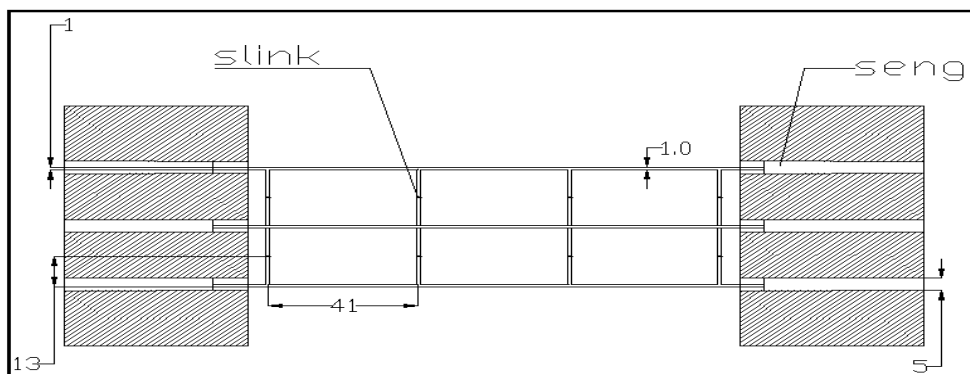
3. Tali slink baja

Spesifikasi:

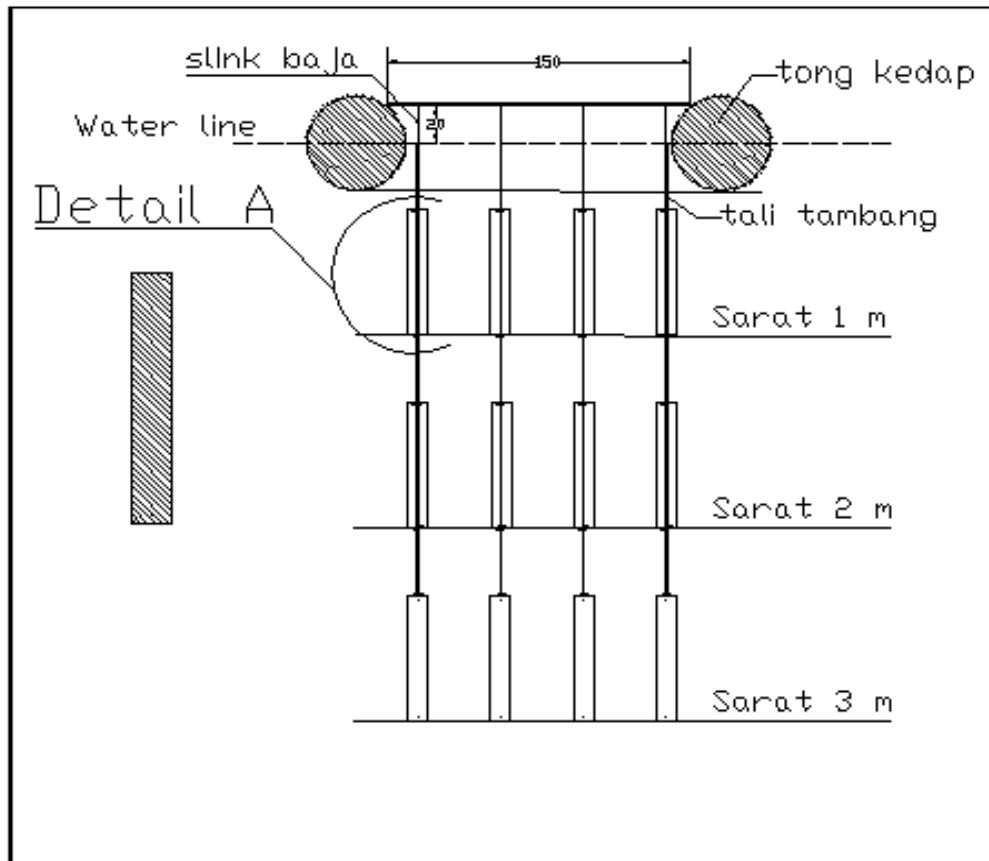
Panjang	Diameter	Jumlah
dalam satuan cm		12
30	0.02	

3.3.2.3 Pemasangan Spesimen Uji

Spesimen baja diikat ke spesimen penyangga pada rakit percobaan dengan menggunakan tali slink baja terlihat pada Gambar 3.26. Panjang tali pengikat ditentukan sedemikian rupa sehingga kedalaman spesimen yang terendam sesuai dengan kedalaman laut dihitung dari permukaan laut (water line). Jarak dibedakan untuk setiap pengambilan interval yang ditetapkan dengan sejauh 41 cm dan jarak perlakuan spesimen yang berbeda pada interval yang pertama sejauh 13 cm, dan interval selanjutnya dilakukan dengan sama terlihat pada Gambar 3.27.



Gambar 3.26 Tampak Atas Rangkaian Pemasangan Spesimen Pada Rakit Percobaan



Gambar 3.27 Tampak samping uji menggunakan slink baja pada rakit

3.3.2.4 Pemasangan Specimen Uji

Perhitungan jumlah penempel *biofouling* dilakukan setiap dua minggu sekali perhitungan dilakukan terhadap organisme *biofouling* makroskopik dengan satuan ind/m². Penghitungan berat spesimen uji dilakukan setiap seminggu sekali dalam 4 minggu, sebelumnya perendaman spesimen uji di timbang berat dengan kondisi bambu dicelupkan sementara sampai menyatakan penyerapan air laut maksimum terhadap spesimen uji. Pengangkatan perendaman diangkat kemudian ditimbang berat basah masing-masing spesimen uji.

Metode penghitungan Biomassa (berat basah) biofouling dapat dihitung dengan formula.

$$\text{Biomassa Biofouling} = \text{BB} - \text{BA}$$

Dimana:

BB = Berat spesimen uji dalam keadaan basah

BA = Berat awal spesimen uji

3.3.3 Metode Analisa Data

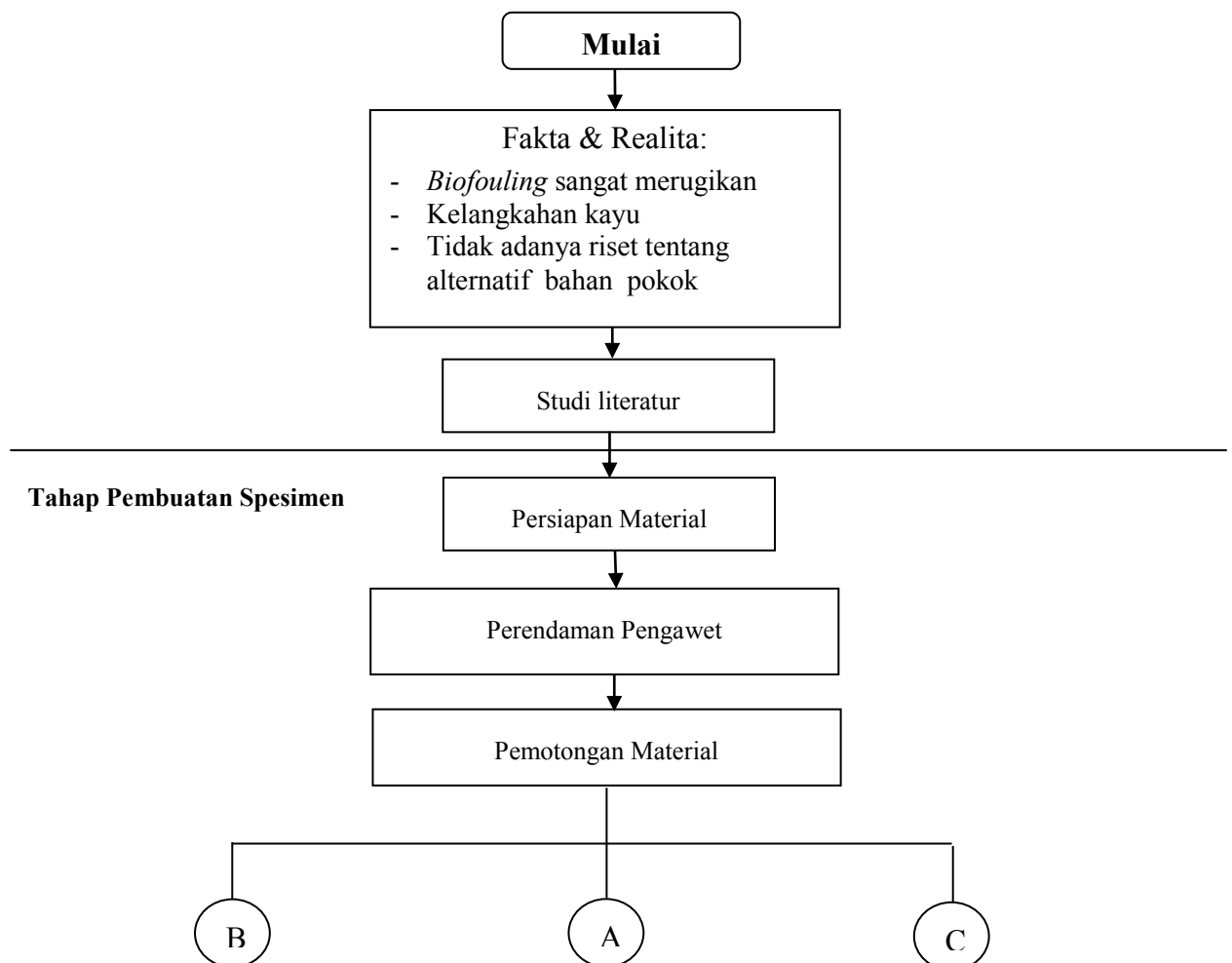
Metode rancangan percobaan yang dipergunakan dalam penelitian adalah Rancangan Penghitungan Rata-rata spesimen (RPR). Penghitungan analisa data dilakukan terhadap jumlah rata-rata *biofouling* dan biomassa rata-rata pada setiap variasi material uji setiap interval kedalaman 1 m. Dari nilai rata-rata tersebut kemudian dibuat sebuah rekapitulasi hasil pengujian dari tiap-tiap perlakuan, setelah itu dilakukan analisa model percobaan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh kedalaman terhadap penempelan *biofouling* dan biomassa fouling.

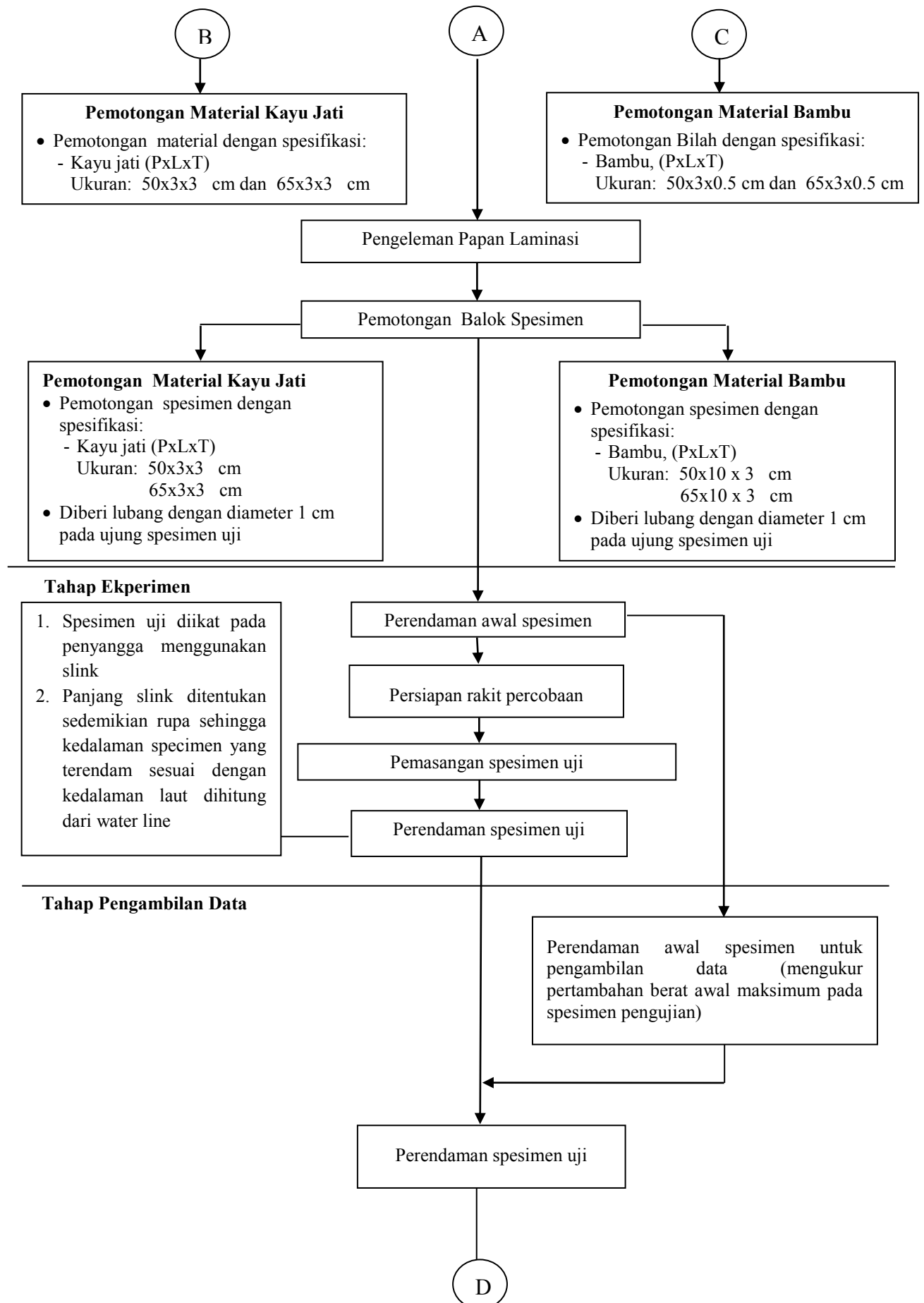
Kemudian jika didapatkan pengaruh kedalaman terhadap penempelan *biofouling* dan biomassa fouling, maka untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan kedalaman, digunakan uji beda nyata Tukey (Gaspersz, 1991).

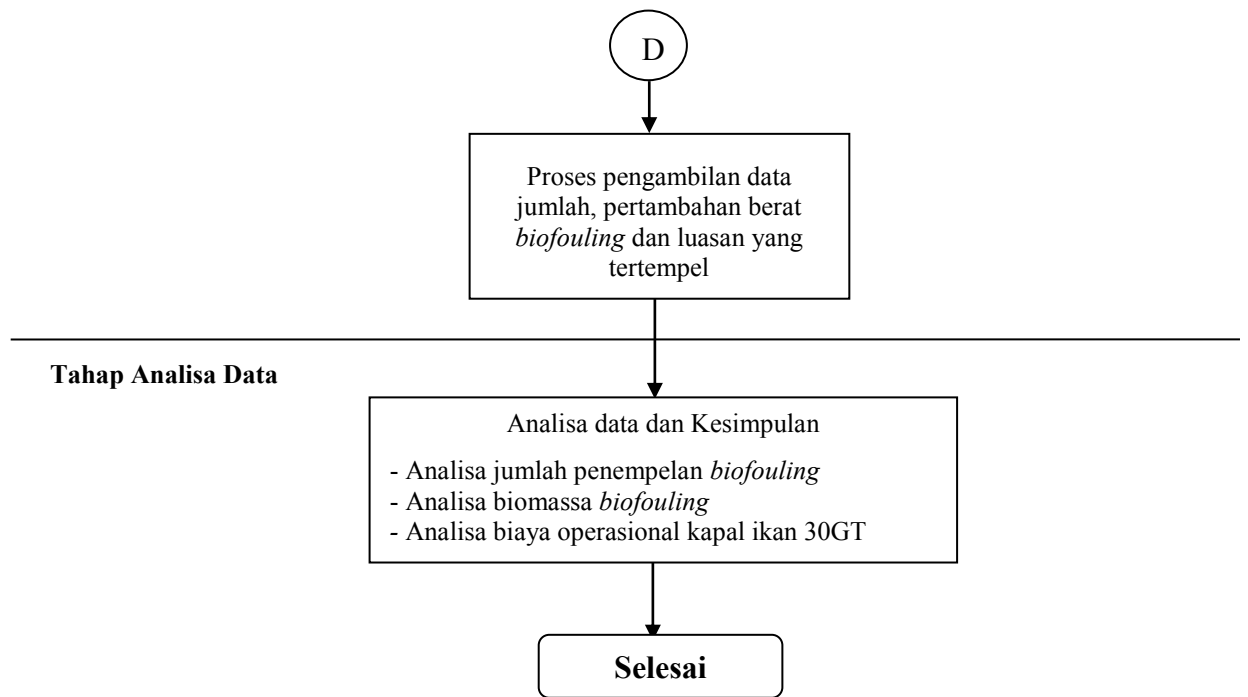
3.4 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Secara keseluruhan, metodologi percobaan pada tugas akhir ini dapat dilihat seperti diagram alir pada Gambar 3.28

- Flowchart Metodologi Percobaan







Gambar 3.28 Diagram Alir Metodologi Penelitian

BAB IV

DATA HASIL PENGUJIAN

4.1 Data Penempelan *Biofouling*

Penelitian penempelan *biofouling* ini terletak di perairan Madura dengan menggunakan material bahan dasar kapal ikan. Variasi material yang digunakan telah di rangkai sesuai dengan penjelasan sebelumnya. Proses awal akan dilakukan analisa terhadap hasil pengujian untuk masing-masing spesimen uji mulai dari kelompok pertama hingga kelompok ketiga. Pengelompokan spesimen berdasarkan periode pengujian yang direncanakan. Setiap material memiliki dimensi yang sama, berat material yang digunakan dapat berbeda dari satu spesimen uji dengan spesimen uji yang lain dalam satu variasi yang sama.

Sebelum dilakukan perendaman spesimen uji dengan variasi kedalaman air laut, maka dilakukan perhitungan berat awal pada tiap material uji. Perhitungan berat awal dilakukan dengan merendam material uji terlebih dahulu, maka akan didapatkan berat maksimum penyerapan pada setiap spesimen uji. Sehingga dari proses tersebut berat awal spesimen uji sama dengan berat maksimum penyerapan. Kemudian dari seluruh langkah proses pengumpulan data telah dilakukan akan diperoleh hasil perhitungan data mulai dari awal pengujian hingga akhir pengujian, perhitungan data dilakukan pada setiap kedalaman air laut pada pengujian kali ini.

4.1.1 Data Penempelan *Biofouling* Minggu Kedua

Data penempelan pada minggu kedua dilakukan terhadap kedua kelompok spesimen yang tergantung pada rakit percobaan dimana setiap kelompok terdapat tiga spesimen uji yang memiliki variasi ukuran yang sama, namun untuk setiap spesimen memiliki variasi kedalaman yang berbeda. dilakukan terhadap interval kedalaman laut setiap 1 m. Pengumpulan data yang dilakukan adalah perhitungan jumlah macrofouling (*biofouling* pada fase dewasa) yang telah menjadi atau berbentuk cangkang pada spesimen dan dapat mengakibatkan pertambahan berat, serta perhitungan penambahan berat pada masing-masing spesimen uji. Hal tersebut dimaksudkan agar terjadi suatu intensitas penempelan *biofouling* yang lebih terfokus didalam kedalaman tersebut.

Kemudian dari data hasil yang dilakukan diharapkan dapat dijadikan suatu perbandingan dengan data hasil penempelan dari setiap kedalaman. Perbandingan hasil tersebut dapat ditentukan suatu nilai rata-rata *biofouling* berdasarkan tingkat kedalaman laut

pada setiap variasi material yang digunakan dalam pengujian. Spesimen kayu jati dan bambu memiliki daya serap air yang dimungkinkan akan menjadi penambahan berat dari material yang ada. Berikut data perendaman kayu jati dan bambu pada air laut (dalam kondisi laut lepas).

4.1.1.1 Data Penempelan *Biofouling* pada Material Bambu Laminasi

Hasil pengumpulan data untuk material bambu laminasi terdapat pada Tabel 4.1. dan tabel 4.2. Selanjutnya akan dijabarkan kedalam setiap spesimen uji pada seluruh kelompok yang diujikan.

Tabel 4.1 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m.

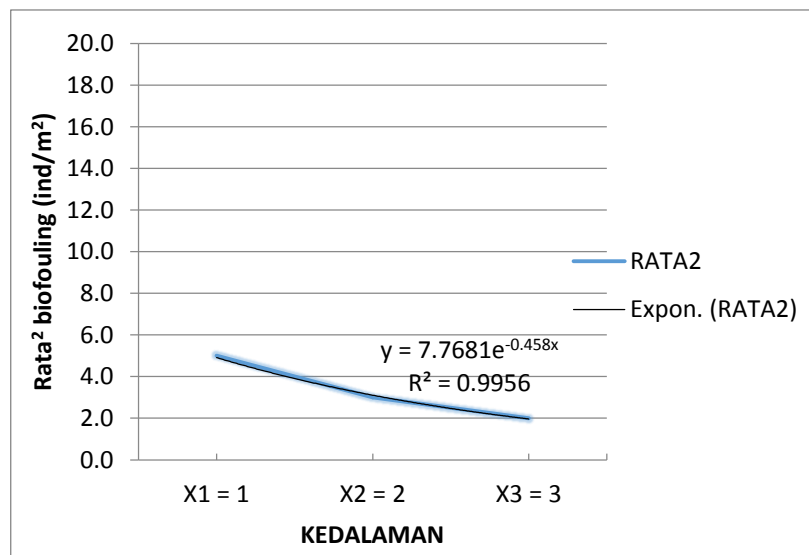
BAMBU LAMINASI 0.5X0.03X0.03 m					
PERIODE II	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	6	4	5	5,00
	X2 = 2	3	2	4	3,00
	X3 = 3	2	3	1	2,00
	TOTAL	11	9	10	10,00

Tabel 4.2 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m.

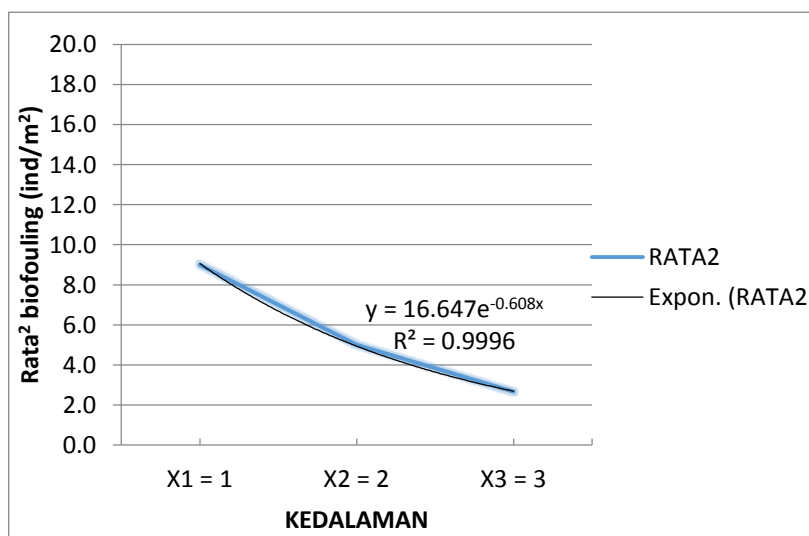
BAMBU LAMINASI 0.65X0.03X0.03 m					
PERIODE II	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	10	9	8	9,00
	X2 = 2	5	4	6	5,00
	X3 = 3	2	3	3	2,7
	TOTAL	17	16	17	16,7

Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 merupakan tabel hasil data penempelan *biofouling* pada spesimen bambu yang berbeda ukuran yang dilakukan pada minggu kedua. Didalam tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikan. Setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap kedalaman laut.

Faktor dari kedalaman laut yang digunakan mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Seiring berjalannya waktu hal tersebut dapat berdampak pada laju pertambahan jumlah *biofouling* yang menempel pada masing-masing spesimen yang diujikan. Sehingga setiap periode waktu dapat dilihat melalui laju tingkat penempelan *biofouling* pada spesimen uji yang digunakan



Gambar 4.1 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu kedua



Gambar 4.2 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu kedua

Grafik pada Gambar 4.1 merupakan suatu grafik hasil pengujian rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m pada minggu kedua. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari data hasil penempelan *biofouling*

yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 sedangkan grafik pada Gambar 4.2 merupakan suatu grafik hasil pengujian rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran $0.65 \times 0.03 \times 0.03$ m pada minggu kedua. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan data hasil penempelan *biofouling* yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Grafik diatas juga menunjukkan suatu grafik penurunan jumlah penempelan *biofouling* yang signifikan, angka rata-rata menunjukkan bahwa semakin dalam kedalaman laut, maka jumlah penempelan *biofouling* semakin sedikit.

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tingkat kedalaman yang paling rendah ($x = 1$ m), rata-rata *biofouling* yang menempel pada spesimen uji bambu berukuran $0.5 \times 0.03 \times 0.03$ m yaitu sebanyak 5 ind/m^2 dan spesimen uji yang berukuran $0.65 \times 0.03 \times 0.03$ m yaitu sebanyak 9 ind/m^2 , hal tersebut terjadi hanya dalam kurun waktu dua minggu pertama. Hal tersebut dapat mengindikasikan bahwa spesimen uji tersebut berpotensi dalam jumlah penempelan *biofouling*.

Hipotesa bahwa organisme *biofouling* cenderung menyukai substrat di daerah permukaan laut terbukti ketika nilai rata-rata penempelan *biofouling* menunjukkan grafik menurun sesuai dengan tingkatan kedalaman laut. Sehingga sampai pada kedalaman laut yang paling dalam, jumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada spesimen uji berukuran $0.5 \times 0.03 \times 0.03$ m terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 2 ind/m^2 sedangkan spesimen uji berukuran $0.65 \times 0.03 \times 0.03$ m terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata $2,67 \text{ ind/m}^2$ masing-masing pada kedalaman $x = 3$ m.

Ditariknya sebuah garis dari hasil observasi dan garis eksponential untuk hasil spesimen yang berukuran $0.5 \times 0.03 \times 0.03$ m maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 7,7681e^{-0,458x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2 = 0,9956$. Sedangkan hasil spesimen yang berukuran $0.65 \times 0.03 \times 0.03$ m maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 16,647e^{-0,608x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2 = 0,9996$. Nilai-nilai tersebut menunjukkan suatu tingkat realitas yang diperoleh dari hasil analisa yang dilakukan berdasar faktor kedalaman.

4.1.1.2 Data Penempelan *Biofouling* pada Material Jati

Hasil pengumpulan data untuk material kayu jati terdapat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 Selanjutnya akan dijabarkan kedalam setiap spesimen uji pada seluruh kelompok yang diujikan.

Tabel 4.3 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m.

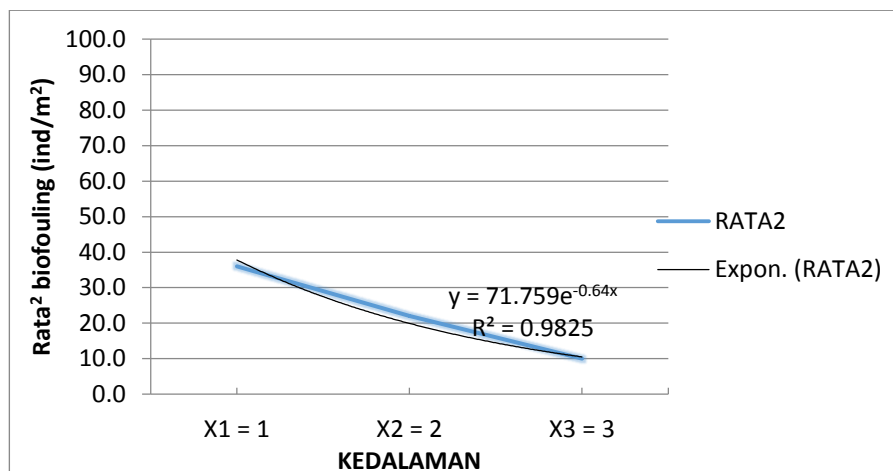
KAYU JATI 0.5x0.03x0.03 m					
PERIODE II	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	38	34	36	36.0
	X2 = 2	22	20	24	22.0
	X3 = 3	9	12	9	10.0
	TOTAL	69	66	69	68.0

Tabel 4.4 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m.

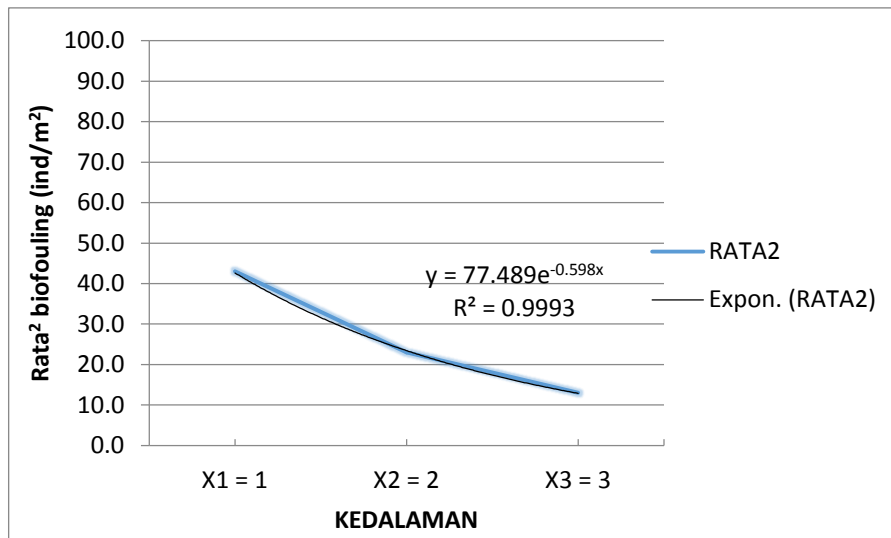
KAYU JATI 0.65x0.03x0.03 m					
PERIODE II	KEDALAMAN (cm)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	43	42	44	43.0
	X2 = 2	24	22	23	23.0
	X3 = 3	14	12	13	13.0
	TOTAL	81	76	80	79.0

Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 merupakan tabel hasil analisa *biofouling* pada spesimen kayu jati yang berbeda ukuran yang dilakukan pada minggu kedua. Didalam tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikan. Dimana setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap kedalaman laut.

Faktor dari kedalaman laut yang digunakan mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Hal tersebut dapat berdampak pada laju pertumbuhan jumlah *biofouling* yang menempel pada masing-masing spesimen yang diujikan. Sehingga setiap periode waktu dapat dilihat melalui laju tingkat penempelan *biofouling* pada spesimen uji yang digunakan.



Gambar 4.3 Grafik rata penempelan *biofouling* terhadap jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu kedua



Gambar 4.4 Grafik rata penempelan *biofouling* terhadap jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu kedua

Grafik pada Gambar 4.3 merupakan suatu grafik hasil pengujian rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m pada minggu kedua. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari data hasil penempelan *biofouling* yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 sedangkan grafik pada Gambar 4.4 merupakan suatu grafik hasil pengujian rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m pada minggu kedua. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari data hasil penempelan *biofouling* yang ditunjukkan pada tabel 4.4 Grafik diatas juga menunjukkan suatu grafik penurunan jumlah penempelan *biofouling* yang signifikan, angka rata-rata menunjukkan bahwa semakin dalam kedalaman laut, maka jumlah penempelan *biofouling* semakin sedikit.

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tingkat kedalaman yang paling rendah ($x = 1$ m), rata-rata *biofouling* yang menempel pada spesimen uji bambu berukuran 0.5x0.03x0.03 m yaitu sebanyak 12 ind/m² dan spesimen uji yang berukuran 0.65x0.03x0.03 m yaitu sebanyak 14,33 ind/m², hal tersebut terjadi hanya dalam kurun waktu dua minggu pertama. Hal tersebut dapat mengindikasikan bahwa spesimen uji tersebut berpotensi dalam jumlah penempelan *biofouling*. Hipotesa bahwa organisme *biofouling* cenderung menyukai substrat di daerah permukaan laut terbukti ketika nilai rata-rata penempelan *biofouling* menunjukkan grafik menurun sesuai dengan tingkatan kedalaman laut. Sehingga sampai pada kedalaman laut yang paling dalam, jumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada spesimen uji berukuran 0.5x0.03x0.03 m terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 3,33 ind/m²

sedangkan spesimen uji berukuran 0.65x0.03x0.03 m terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 4,33 ind/m² masing-masing pada kedalaman $x = 3$ m.

Ditariknya sebuah garis dari hasil observasi dan garis eksponential untuk hasil specimen yang berukuran 0.5x0.03x0.03cm maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 23,92e^{-0,64x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2=0,9825$. Sedangkan hasil spesimen yang berukuran 0.65x0.03x0.03 m maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 25,83e^{-0,598x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2 = 0,9993$. Nilai-nilai tersebut menunjukkan suatu tingkat realitas yang diperoleh dari hasil analisa yang dilakukan berdasar faktor kedalaman.

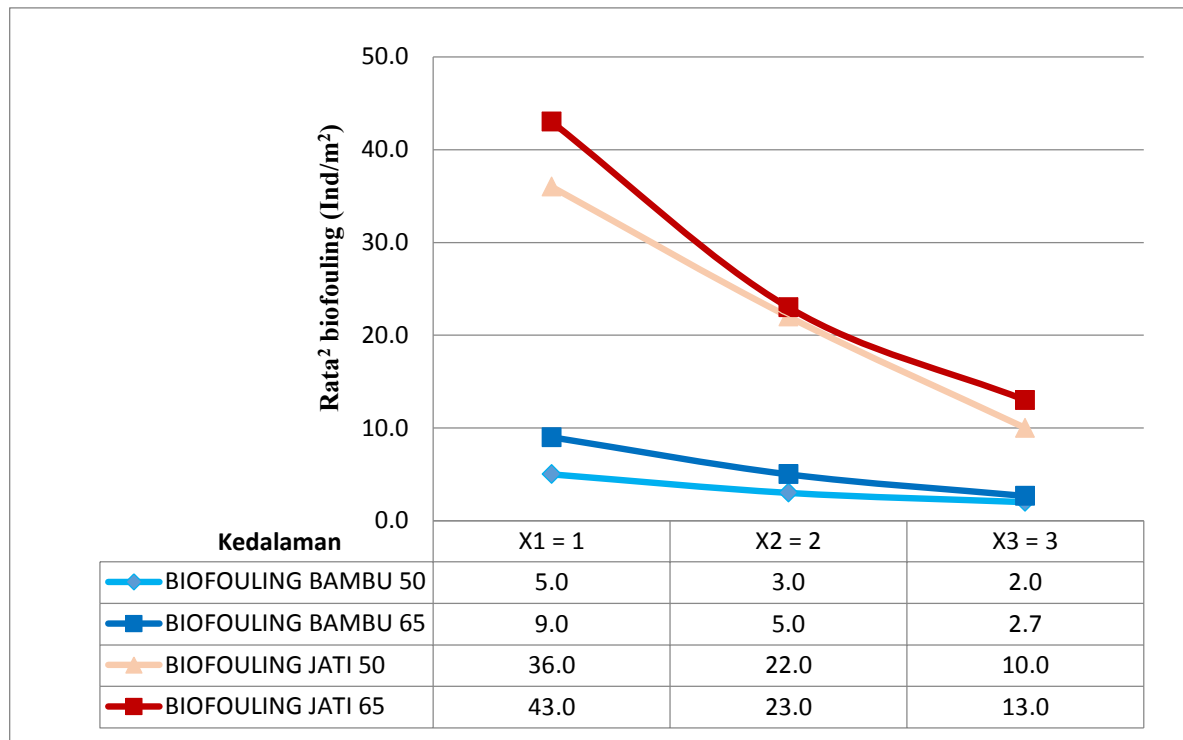
4.1.1.3 Rekapitulasi Penempelan *Biofouling* Pada Minggu Kedua

Tahap selanjutnya mengenai jumlah penempelan *biofouling* akan dilakukan proses rekapitulasi data yang telah diperoleh dari hasil pengujian spesimen uji pada periode pertama. Periode pertama tersebut proses pengujian telah dilakukan selama dua minggu sejak hari pertama pengujian dilakukan. Diharapkan dari hasil analisa ini akan diperoleh dari jumlah penempelan *biofouling* yang berhasil menempel pada seluruh specimen uji. Karena dengan adanya hasil yang telah diperoleh tersebut dapat dijadikan suatu acuan awal untuk mengetahui laju dari jumlah penempelan *biofouling* yang terjadi pada setiap specimen uji guna proses analisa selanjutnya.

Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil perhitungan nilai rata-rata penempelan *biofouling* pada bambu laminasi dan kayu jati pada Minggu kedua

Kelompok	Kedalaman (m)	Jumlah Biofouling (ind/m ²)			
		Biofouling Jati 50	Biofouling Jati 65	Biofouling Bambu 50	Biofouling Bambu 65
Rata2	X1 = 1	36.0	43.0	5.0	9.0
	X2 = 2	22.0	23.0	3.0	5.0
	X3 = 3	10.0	13.0	2.0	2.7

Tabel 4.5. merupakan tabel hasil nilai rata-rata penempelan *biofouling* pada minggu kedua. Didalam tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikakan. Setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap jenis material dengan ukuran yang berbeda dan kedalaman yang telah diaplikasikan pada masing-masing spesimen. Berikut grafik tren dari hasil rata-rata *biofouling* pada minggu kedua terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik hasil rekapitulasi rata-rata *biofouling* pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu kedua

4.1.2 Data Penempelan *Biofouling* Minggu Keempat

Data penempelan pada minggu keempat dilakukan terhadap kedua kelompok spesimen yang tergantung pada rakit percobaan, setiap kelompok terdapat tiga spesimen uji yang memiliki variasi ukuran yang sama, namun untuk setiap spesimen memiliki variasi kedalaman yang berbeda. dilakukan terhadap interval kedalaman laut setiap 1 m. Pengumpulan data yang dilakukan adalah perhitungan jumlah macrofouling (*biofouling* pada fase dewasa) yang telah menjadi atau berbentuk cangkang pada spesimen dan dapat mengakibatkan pertambahan berat, serta perhitungan penambahan berat pada masing-masing spesimen uji. Hal tersebut dimaksudkan agar terjadi suatu intensitas penempelan *biofouling* yang lebih terfokus didalam kedalaman tersebut.

Kemudian dari data hasil yang dilakukan diharapkan dapat dijadikan suatu perbandingan dengan data hasil penempelan dari setiap kedalaman. Perbandingan hasil tersebut dapat ditentukan suatu nilai rata-rata *biofouling* berdasarkan tingkat kedalaman laut pada setiap variasi material yang digunakan dalam pengujian. Spesimen kayu jati dan bambu, memiliki daya serap air yang dimungkinkan akan menjadi penambahan berat dari material yang ada. Data perendaman kayu jati dan bambu pada air laut (dalam kondisi laut lepas) sebagai berikut:

4.1.2.1 Data Penempelan *Biofouling* pada Material Bambu Laminasi

Hasil pengumpulan data untuk material bambu laminasi terdapat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7. Selanjutnya akan dijabarkan kedalam setiap spesimen uji pada seluruh kelompok yang diujikan.

Tabel 4.6 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m.

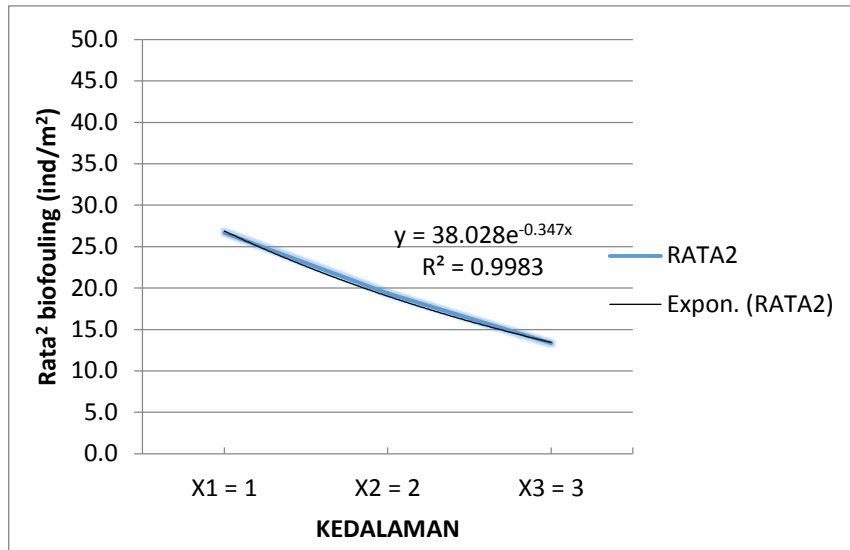
BAMBU LAMINASI 0.5x0.03x0.03 m					
PERIODE IV	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	28	25	27	26.7
	X2 = 2	22	20	16	19.3
	X3 = 3	13	14	13	13.3
	TOTAL	63	59	56	59.3

Tabel 4.7 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m.

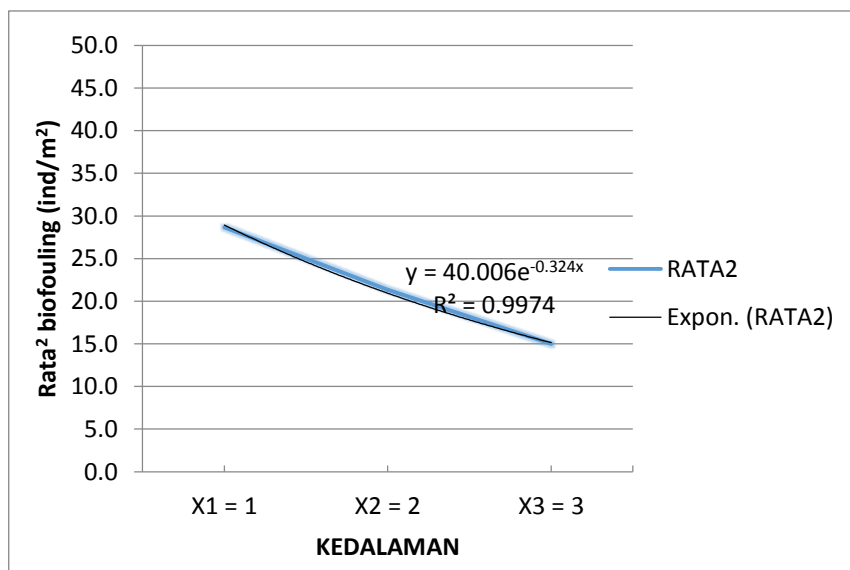
BAMBU LAMINASI 0.65x0.03x0.03 m					
PERIODE IV	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	28	32	26	28.7
	X2 = 2	21	23	20	21.3
	X3 = 3	15	16	14	15.0
	TOTAL	64	71	60	65.0

Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 merupakan tabel hasil analisa *biofouling* pada spesimen bambu laminasi yang berbeda ukuran yang dilakukan pada minggu keempat. Didalam tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikan. Setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap kedalaman laut.

Faktor dari kedalaman laut yang digunakan mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Seiring berjalannya waktu hal tersebut dapat berdampak pada laju pertambahan jumlah *biofouling* yang menempel pada masing-masing spesimen yang diujikan. Sehingga setiap periode waktu dapat dilihat melalui laju tingkat penempelan *biofouling* pada spesimen uji yang digunakan.



Gambar 4.6 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu keempat



Gambar 4.7 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu keempat

Grafik pada Gambar 4.6 merupakan suatu grafik hasil pengujian nilai rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 cm pada minggu keempat. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.6 sedangkan grafik pada Gambar 4.7 merupakan suatu grafik hasil pengujian rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 cm pada minggu keempat. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tingkat kedalaman yang paling rendah ($x = 1$ m), rata-rata *biofouling* yang menempel pada spesimen uji bambu laminasi berukuran 50x3x3 yaitu sebanyak 26.7 ind/m² dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu kedua yang hanya 5.0 ind/m², Sedangkan pada spesimen uji yang berukuran 0.65x0.03x0.03 yaitu sebanyak 28.7 ind/m² dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu kedua yang hanya 9.0 ind/m². Perbedaan ukuran pada specimen uji terjadi peningkatan ratio penempelan yang signifikan. Hal tersebut telah dapat mengindikasikan bahwa spesimen uji tersebut cukup berpotensi dalam jumlah penempelan *biofouling*.

Hipotesa bahwa organisme *biofouling* cenderung menyukai substrat di daerah permukaan laut terbukti ketika nilai rata-rata penempelan *biofouling* menunjukkan grafik menurun sesuai dengan tingkatan kedalaman laut. Sehingga sampai pada kedalaman laut yang paling dalam, jumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada spesimen uji berukuran 0.5x0.03x0.03 cm terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 13.3 ind/m² sedangkan spesimen uji berukuran 0.65x0.03x0.03 m terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 15.0 ind/m² masing-masing pada kedalaman $x = 3$ m. Ditariknya sebuah garis dari hasil observasi dan garis eksponensial untuk hasil spesimen yang berukuran 0.5x0.03x0.03 m maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 38,028e^{-0,347x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2 = 0,9983$. Sedangkan hasil spesimen yang berukuran 65x3x3cm maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 40,006e^{-0,324x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2 = 0,9974$. Nilai-nilai tersebut menunjukkan suatu tingkat realitas yang diperoleh dari hasil analisa yang dilakukan berdasar faktor kedalaman.

4.1.2.2 Data Penempelan *Biofouling* pada Material Jati

Hasil pengumpulan data untuk material kayu jati terdapat pada Tabel 4.8. dan Tabel 4.9. Selanjutnya akan dijabarkan kedalam setiap spesimen uji pada seluruh kelompok yang diujikan.

Tabel 4.8 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m.

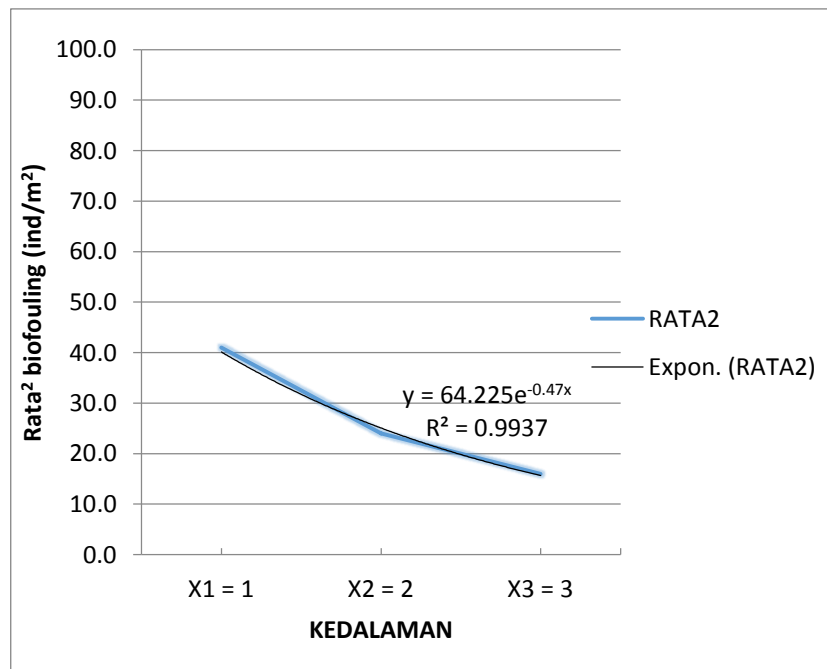
KAYU JATI 0.5x0.03x0.03 m					
PERIODE IV	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1=1	40	41	42	41.0
	X2=2	24	25	23	24.0
	X3=3	16	15	17	16.0
	TOTAL	80	81	82	81.0

Tabel 4.9 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m

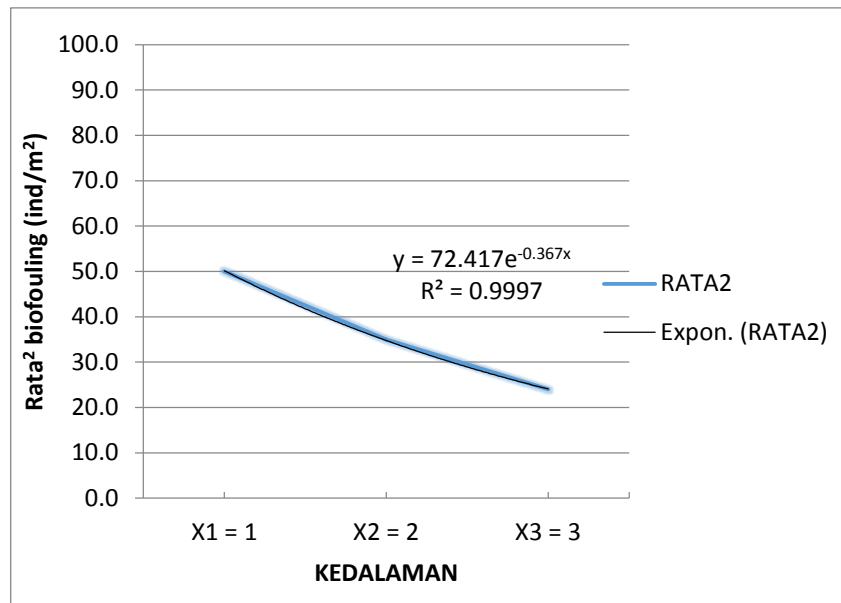
KAYU JATI 0.65X0.03X0.03 m					
PERIODE IV	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1=1	52	50	48	50.0
	X2=2	36	33	36	35.0
	X3=3	22	24	26	24.0
	TOTAL	110	107	110	109.0

Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 merupakan tabel hasil analisa *biofouling* pada spesimen kayu jati yang berbeda ukuran yang dilakukan pada minggu keempat. Didalam Tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikan. Setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap kedalaman laut.

Faktor dari kedalaman laut yang digunakan mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Seiring berjalannya waktu hal tersebut dapat berdampak pada laju pertambahan jumlah *biofouling* yang menempel pada masing-masing spesimen yang diujikan. Sehingga setiap periode waktu dapat dilihat melalui laju tingkat penempelan *biofouling* pada spesimen uji yang digunakan.



Gambar 4.8 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 cm di minggu keempat



Gambar 4.9 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu keempat

Faktor dari kedalaman laut yang digunakan mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Seiring berjalannya waktu hal tersebut dapat berdampak pada laju pertambahan jumlah *biofouling* yang menempel pada masing-masing spesimen yang diujikan. Sehingga setiap periode waktu dapat dilihat melalui laju tingkat penempelan *biofouling* pada spesimen uji yang digunakan

Grafik pada Gambar 4.8 merupakan suatu grafik hasil pengujian nilai rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 cm pada minggu keempat. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.8 sedangkan grafik pada Gambar 4.9 merupakan suatu grafik hasil pengujian rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 cm pada minggu keempat. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tingkat kedalaman yang paling rendah ($x = 1$ m), rata-rata *biofouling* yang menempel pada spesimen uji jati berukuran 0.5x0.03x0.03 yaitu sebanyak 41.0 ind/m² dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu kedua yang hanya 36.0 ind/m², Sedangkan pada spesimen uji yang berukuran 0.65x0.03x0.03 yaitu sebanyak 50.0 ind/m² dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu kedua yang hanya 43.0 ind/m². Perbedaan ukuran pada spesimen uji terjadi peningkatan ratio penempelan yang signifikan. Hal tersebut telah dapat mengindikasikan bahwa spesimen uji tersebut cukup berpotensi dalam jumlah penempelan *biofouling*.

Hipotesa bahwa organisme *biofouling* cenderung menyukai substrat di daerah permukaan laut terbukti ketika nilai rata-rata penempelan *biofouling* menunjukkan grafik menurun sesuai dengan tingkatan kedalaman laut. Sehingga sampai pada kedalaman laut yang paling dalam, jumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada spesimen uji berukuran 0.5x0.03x0.03 cm terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 16.0 ind/m² sedangkan spesimen uji berukuran 0.65x0.03x0.03 m terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 24.0 ind/m² masing-masing pada kedalaman x = 3 m.

Ditariknya sebuah garis dari hasil observasi dan garis eksponential untuk hasil spesimen yang berukuran 0.5x0.03x0.03 m maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 64.225^{-0.47x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2 = 0,9937$. Sedangkan hasil spesimen yang berukuran 0.65x0.03x0.03m maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 72.417^{-0.367x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2 = 0,9997$. Nilai-nilai tersebut menunjukkan suatu tingkat realitas yang diperoleh dari hasil analisa yang dilakukan berdasar faktor kedalaman.

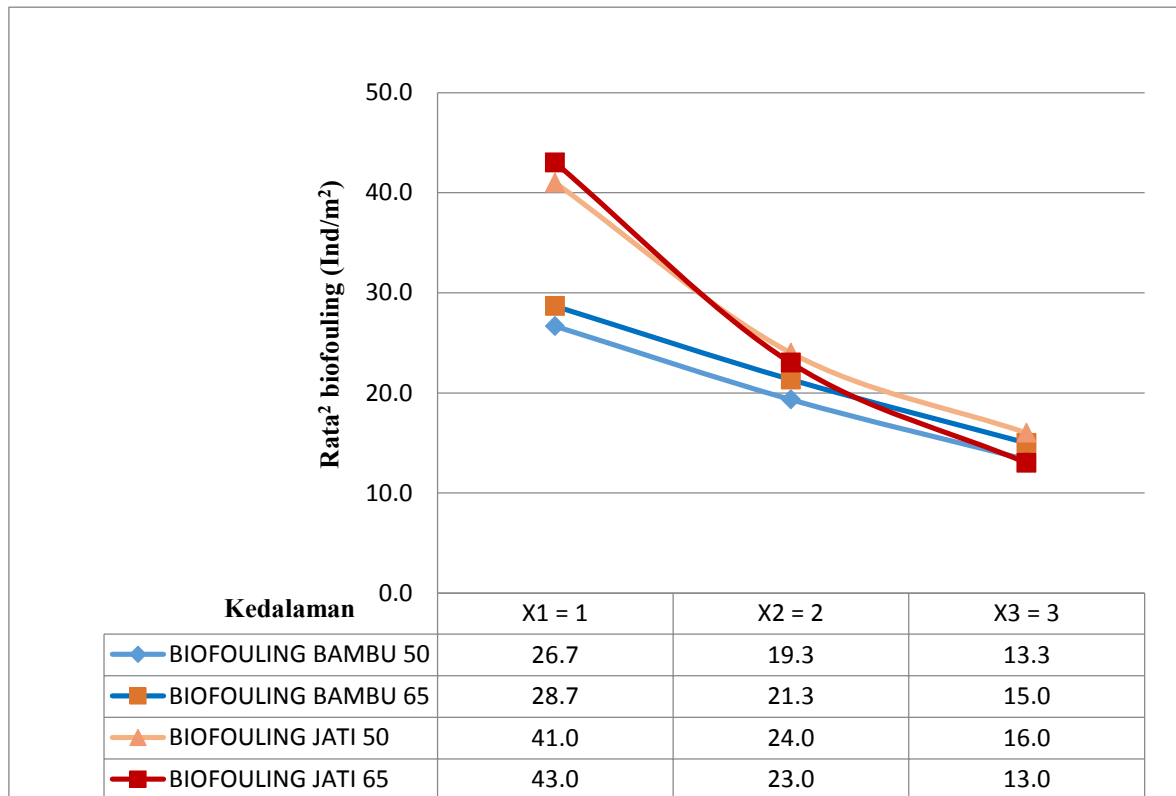
4.1.2.3 Rekapitulasi Penempelan *Biofouling* Pada Minggu Keempat

Pada tahap selanjutnya jumlah penempelan *biofouling* akan dilakukan proses rekapitulasi data yang telah diperoleh dari hasil pengujian spesimen uji pada periode pertama. Periode kedua tersebut proses pengujian telah dilakukan selama empat minggu sejak hari pertama pengujian dilakukan. Diharapkan dari hasil analisa ini akan diperoleh dari jumlah penempelan *biofouling* yang berhasil menempel pada seluruh spesimen uji. Karena dengan adanya hasil yang telah diperoleh tersebut dapat dijadikan suatu acuan awal untuk mengetahui laju dari jumlah penempelan *biofouling* yang terjadi pada setiap spesimen uji guna proses analisa selanjutnya. Berikut adalah hasil rekapitulasi penempelan *biofouling* pada minggu keempat pada material uji bambu laminasi dan kayu jati diuji terhadap faktor kedalaman laut.

Tabel 4.10 Rekapitulasi hasil perhitungan nilai rata-rata penempelan *biofouling* pada bambu laminasi dan kayu jati pada minggu keempat.

Kelompok	Kedalaman (m)	Jumlah Biofouling (ind/m2)			
		Biofouling Jati 50	Biofouling Jati 65	Biofouling Bambu 50	Biofouling Bambu 65
Rata2	X1 = 1	41.0	50.0	26.7	28.7
	X2 = 2	24.0	35.0	19.3	21.3
	X3 = 3	16.0	24.0	13.3	15.0

Tabel 4.10 merupakan tabel hasil nilai rata-rata penempelan *biofouling* pada minggu keempat. Didalam tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikakan. Setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap jenis material dengan ukuran yang berbeda dan kedalaman yang telah diaplikasikan pada masing-masing spesimen. Berikut grafik tren dari hasil rata-rata *biofouling* pada minggu keempat terlihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik hasil rekapitulasi rata-rata *biofouling* pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu keempat.

4.1.3 Data Penempelan *Biofouling* Minggu Keenam

Data penempelan pada minggu keenam dilakukan terhadap kedua kelompok spesimen yang tergantung pada rakit percobaan dimana setiap kelompok terdapat tiga spesimen uji yang memiliki variasi ukuran yang sama, namun untuk setiap spesimen memiliki variasi kedalaman yang berbeda. dilakukan terhadap interval kedalaman laut setiap 100 cm. Pengumpulan data yang dilakukan adalah perhitungan jumlah macrofouling (*biofouling* pada fase dewasa) yang telah menjadi atau berbentuk cangkang pada spesimen dan dapat mengakibatkan pertambahan berat, serta perhitungan penambahan berat pada masing-masing spesimen uji. Hal tersebut dimaksudkan agar terjadi suatu intensitas penempelan *biofouling* yang lebih terfokus didalam kedalaman tersebut.

Kemudian dari data hasil yang dilakukan diharapkan dapat dijadikan suatu perbandingan dengan data hasil penempelan dari setiap kedalaman. Dari perbandingan hasil tersebut dapat ditentukan suatu nilai rata-rata *biofouling* berdasarkan tingkat kedalaman laut pada setiap variasi material yang digunakan dalam pengujian.

Pada spesimen kayu jati dan bambu, memiliki daya serap air yang dimungkinkan akan menjadi penambahan berat dari material yang ada. Berikut, data perendaman kayu jati dan bambu pada air laut (dalam kondisi laut lepas).

4.1.3.1 Data Penempelan *Biofouling* pada Material Bambu Laminasi

Hasil pengumpulan data untuk material bambu laminasi terdapat pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12. Selanjutnya akan dijabarkan kedalam setiap spesimen uji pada seluruh kelompok yang diujikan.

Tabel 4.11 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m.

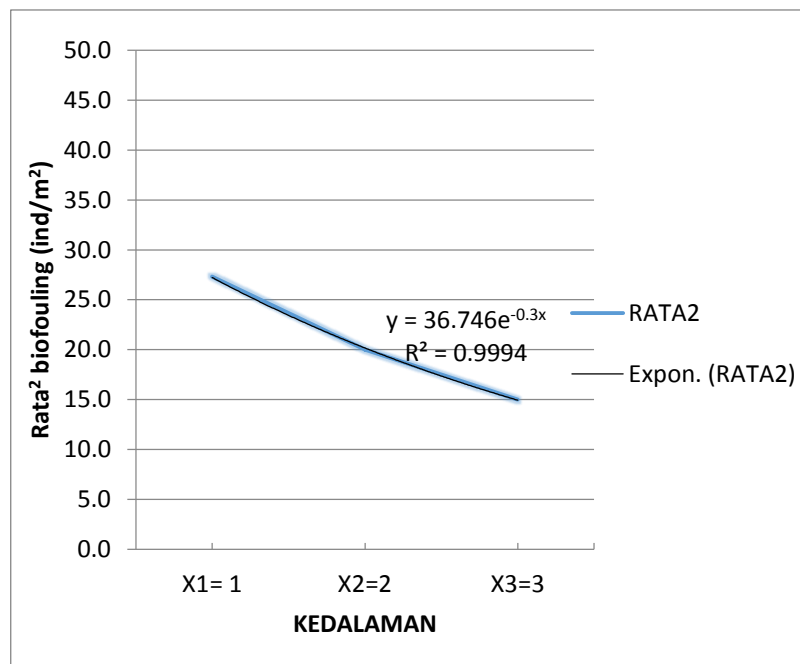
BAMBU 0.5X0.03X0.03					
PERIODE VI	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA2
		1	2	3	
	X1 = 1	29	27	26	27.3
	X2 = 2	21	20	19	20.0
	X3 = 3	13	15	17	15.0
	TOTAL	63	62	62	62.3

Tabel 4.12 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 65x3x3 m.

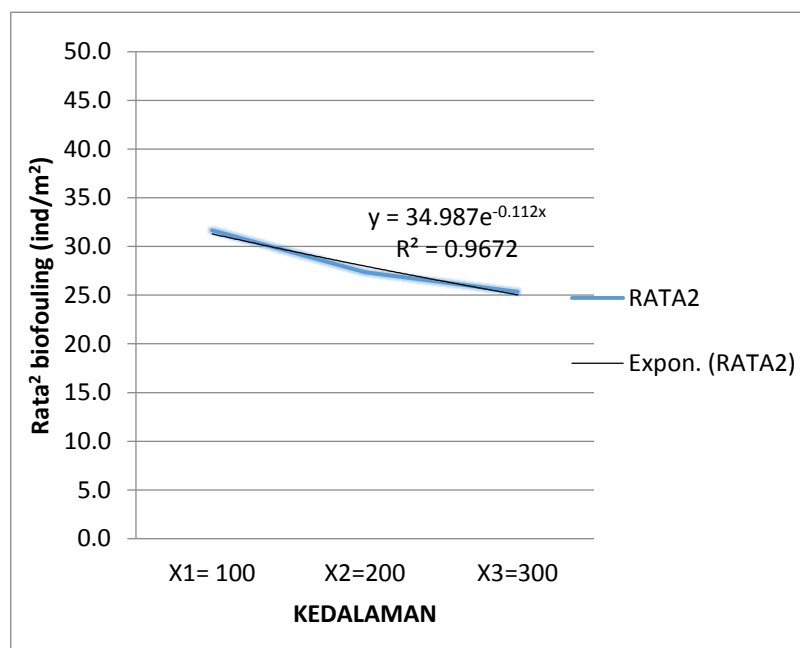
BAMBUN 0.65X0.03X0.03					
PERIODE VI	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA2
		1	2	3	
	X1 = 1	34	32	29	31.7
	X2 = 2	29	26	27	27.3
	X3 = 3	27	25	24	25.3
	TOTAL	90	83	80	84.3

Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 merupakan tabel hasil analisa biofouling pada spesimen bambu laminasi yang berbeda ukuran yang dilakukan pada minggu keempat. Didalam tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikan. Setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap kedalaman laut.

Faktor dari kedalaman laut yang digunakan mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Seiring berjalannya waktu hal tersebut dapat berdampak pada laju pertambahan jumlah *biofouling* yang menempel pada masing-masing spesimen yang diujikan. Sehingga setiap periode waktu dapat dilihat melalui laju tingkat penempelan *biofouling* pada specimen uji yang digunakan.



Gambar 4.11 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu keenam



Gambar 4.12 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu keenam.

Grafik pada Gambar 4.11 merupakan suatu grafik hasil pengujian nilai rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran $0.5 \times 0.03 \times 0.03$ m pada minggu keenam. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.11 sedangkan grafik pada Gambar 4.12 merupakan suatu grafik hasil pengujian rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran $0.65 \times 0.03 \times 0.03$ cm pada minggu keenam. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.12

Grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tingkat kedalaman yang paling rendah ($x = 1$ m), rata-rata *biofouling* yang menempel pada spesimen uji bambu laminasi berukuran $0.5 \times 0.03 \times 0.03$ m yaitu sebanyak 27.3 ind/m^2 dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu keempat yang hanya 26.7 ind/m^2 , Sedangkan pada spesimen uji yang berukuran $0.65 \times 0.03 \times 0.03$ m yaitu sebanyak 31.7 ind/m^2 dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu kedua yang hanya 28.7 ind/m^2 . Perbedaan ukuran pada spesimen uji terjadi peningkatan ratio penempelan yang signifikan. Hal tersebut telah dapat mengindikasikan bahwa spesimen uji tersebut cukup berpotensi dalam jumlah penempelan *biofouling*.

Hipotesa bahwa organisme *biofouling* cenderung menyukai substrat di daerah permukaan laut terbukti ketika nilai rata-rata penempelan *biofouling* menunjukkan grafik menurun sesuai dengan tingkatan kedalaman laut. Sehingga sampai pada kedalaman laut yang paling dalam, jumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada spesimen uji berukuran $0.5 \times 0.03 \times 0.03$ m terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 15.0 ind/m^2 sedangkan spesimen uji berukuran $0.65 \times 0.03 \times 0.03$ cm terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 25.3 ind/m^2 masing-masing pada kedalaman $x = 3$ m. Ditariknya sebuah garis dari hasil observasi dan garis eksponensial untuk hasil spesimen yang berukuran $0.5 \times 0.03 \times 0.03$ m maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 36,746e^{-0,3x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2=0,9994$. Sedangkan hasil spesimen yang berukuran $0.65 \times 0.03 \times 0.03$ m maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 34,987e^{-0,112x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2=0,9672$. Nilai-nilai tersebut menunjukkan suatu tingkat realitas yang diperoleh dari hasil analisa yang dilakukan berdasar faktor kedalaman.

4.1.3.2 Data Penempelan *Biofouling* pada Material Jati

Hasil pengumpulan data untuk material kayu jati terdapat pada Tabel 4.13 dan Tabel 4.14. Selanjutnya akan dijabarkan kedalam setiap spesimen uji pada seluruh kelompok yang diujikan.

Tabel 4.13 Jumlah penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m.

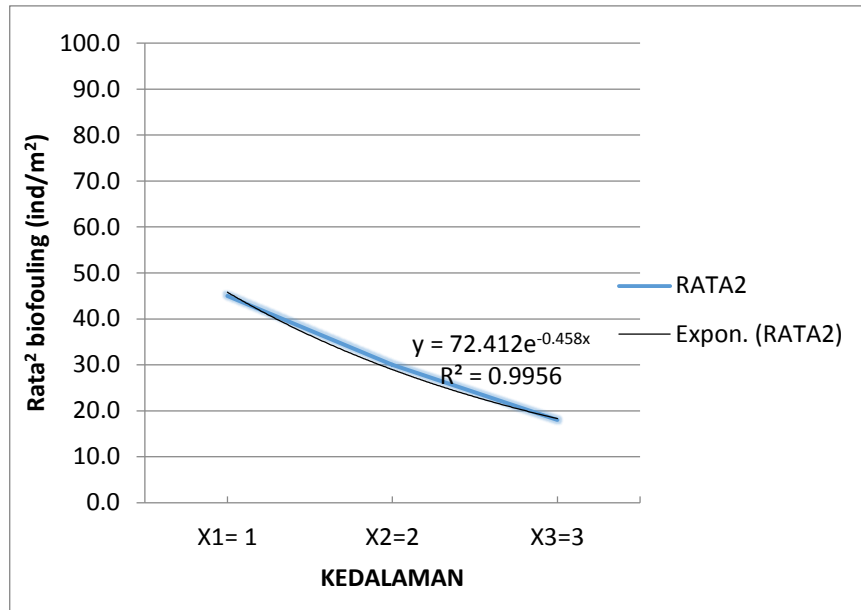
BAMBU 0.5X0.03X0.03					
PERIODE VI	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	45	48	42	45.0
	X2 = 2	31	30	29	30.0
	X3 = 3	19	18	17	18.0
	TOTAL	95	96	88	93.0

Tabel 4.14 Jumlah penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m.

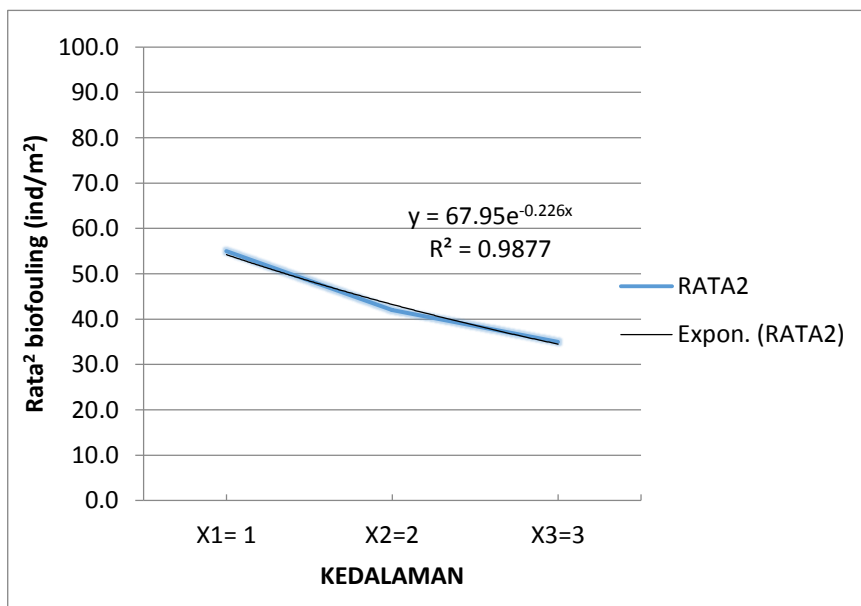
BAMBU 0.65X0.03X0.03					
PERIODE VI	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	55	52	58	55.0
	X2 = 2	42	41	43	42.0
	X3 = 3	35	35	35	35.0
	TOTAL	132	128	136	132.0

Tabel 4.13 dan Tabel 4.14 merupakan tabel hasil analisa *biofouling* pada spesimen bambu laminasi yang berbeda ukuran yang dilakukan pada minggu keempat. Didalam tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikan. Setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap kedalaman laut.

Faktor dari kedalaman laut yang digunakan mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Diduga semakin tinggi tingkat kedalaman air laut tropis semakin besar pula arus gelombang. Dugaan ini yang mengakibatkan seiring berjalannya waktu hal tersebut dapat berdampak pada laju pertambahan jumlah penempelan *biofouling* yang menempel pada masing-masing spesimen yang diujikan. Sehingga setiap periode waktu dapat dilihat melalui laju tingkat penempelan *biofouling* pada spesimen uji yang digunakan.



Gambar 4.13 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap jati berukuran 0.5x0.03x0.03 cm di minggu keenam



Gambar 4.14 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap jati berukuran 0.65x0.03x0.03 cm di minggu keenam.

Grafik pada Gambar 4.13 merupakan suatu grafik hasil pengujian nilai rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 cm pada minggu keenam. Nominal rata-rata biofouling tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.13 sedangkan grafik pada Gambar 4.14 merupakan suatu grafik hasil pengujian rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 cm

pada minggu keenam. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tingkat kedalaman yang paling rendah ($x = 1$ m), rata-rata *biofouling* yang menempel pada spesimen uji bambu laminasi berukuran $0.5 \times 0.03 \times 0.03$ yaitu sebanyak 27.3 ind/m^2 dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu keempat yang hanya 26.7 ind/m^2 , Sedangkan pada spesimen uji yang berukuran $0.65 \times 0.03 \times 0.03$ yaitu sebanyak 31.7 ind/m^2 dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu kedua yang hanya 28.7 ind/m^2 . Perbedaan ukuran pada spesimen uji terjadi peningkatan ratio penempelan yang signifikan. Hal tersebut telah dapat mengindikasikan bahwa spesimen uji tersebut cukup berpotensi dalam jumlah penempelan *biofouling*.

Hipotesa bahwa organisme *biofouling* cenderung menyukai substrat di daerah permukaan laut terbukti ketika nilai rata-rata penempelan *biofouling* menunjukkan grafik menurun sesuai dengan tingkatan kedalaman laut. Sehingga sampai pada kedalaman laut yang paling dalam, jumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada spesimen uji berukuran $0.5 \times 0.03 \times 0.03$ cm terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 15.0 ind/m^2 sedangkan spesimen uji berukuran $0.65 \times 0.03 \times 0.03$ cm terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 25.3 ind/m^2 masing-masing pada kedalaman $x = 3$ m. Ditariknya sebuah garis dari hasil observasi dan garis eksponensial untuk hasil spesimen yang berukuran $0.5 \times 0.03 \times 0.03$ m maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 36,746e^{-0,3x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2=0,9994$. Sedangkan hasil spesimen yang berukuran $0.65 \times 0.03 \times 0.03$ cm maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 34,987e^{-0,112x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2=0,9672$. Nilai-nilai tersebut menunjukkan suatu tingkat realitas yang diperoleh dari hasil analisa yang dilakukan berdasar faktor kedalaman.

4.1.3.3 Rekapitulasi Penempelan *Biofouling* Pada Minggu Keenam

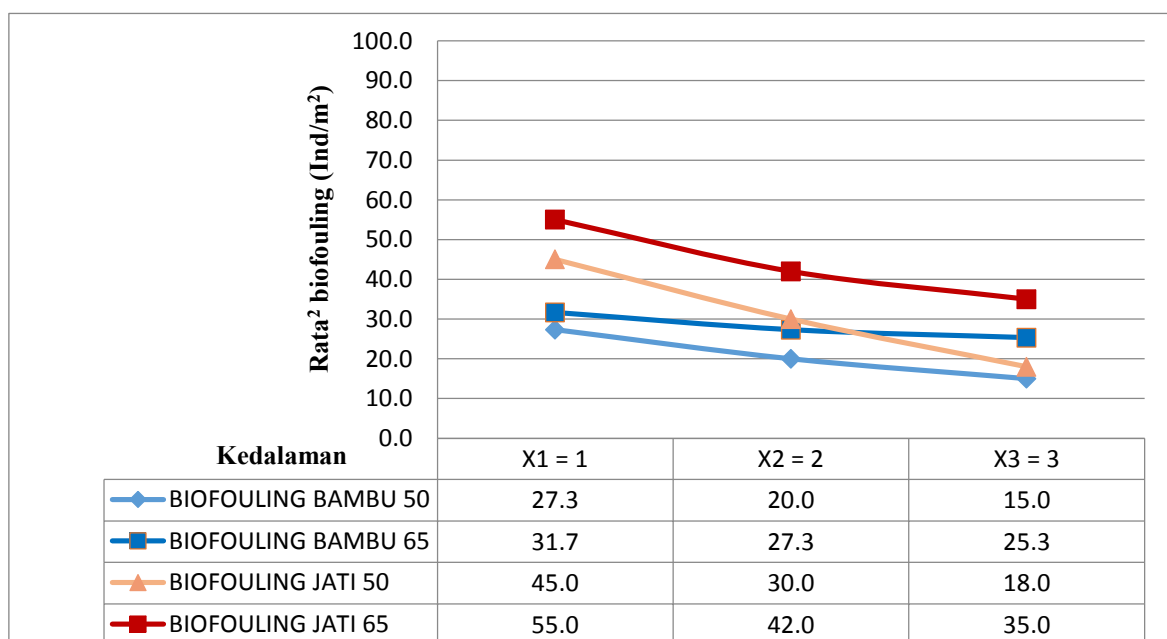
Tahap selanjutnya mengenai jumlah penempelan *biofouling* akan dilakukan proses rekapitulasi data yang telah diperoleh dari hasil pengujian spesimen uji pada periode pertama. Pada periode ketiga tersebut proses pengujian telah dilakukan selama enam minggu sejak hari pertama pengujian dilakukan. Diharapkan dari hasil analisa ini akan diperoleh dari jumlah penempelan *biofouling* yang berhasil menempel pada seluruh spesimen uji. Karena dengan adanya hasil yang telah diperoleh tersebut dapat dijadikan suatu acuan awal untuk mengetahui

laju dari jumlah penempelan biofouling yang terjadi pada setiap spesimen uji guna proses analisa selanjutnya.

Tabel 4.15 Rekapitulasi hasil perhitungan nilai rata-rata penempelan *biofouling* pada bambu laminasi dan kayu jati pada minggu keenam.

Kelompok	Kedalaman (m)	Jumlah Biofouling (ind/m ²)			
		Biofouling Jati 50	Biofouling Jati 65	Biofouling Bambu 50	Biofouling Bambu 65
Rata2	X1 = 1	45.0	55.0	27.3	31.7
	X2 = 2	30.0	42.0	20.0	27.3
	X3 = 3	18.0	35.0	15.0	25.3

Tabel 4.15 merupakan tabel hasil nilai rata-rata penempelan *biofouling* pada minggu keempat. Tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikakan. Setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap jenis material dengan ukuran yang berbeda dan kedalaman yang telah diaplikasikan pada masing-masing spesimen. Berikut grafik tren dari hasil rata-rata *biofouling* pada minggu keenam terlihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik hasil rekapitulasi rata-rata *biofouling* pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu keenam.

4.1.4 Data Penempelan *Biofouling* Minggu Kedelapan

Data penempelan pada minggu kedelapan dilakukan terhadap kedua kelompok spesimen yang tergantung pada rakit percobaan dimana setiap kelompok terdapat tiga spesimen uji yang memiliki variasi ukuran yang sama, namun untuk setiap spesimen memiliki

variasi kedalaman yang berbeda. dilakukan terhadap interval kedalaman laut setiap 1 m. Pengumpulan data yang dilakukan adalah perhitungan jumlah macrofouling (*biofouling* pada fase dewasa) yang telah menjadi atau berbentuk cangkang pada spesimen dan dapat mengakibatkan pertambahan berat, serta perhitungan penambahan berat pada masing – masing spesimen uji. Hal tersebut dimaksudkan agar terjadi suatu intensitas penempelan *biofouling* yang lebih terfokus didalam kedalaman tersebut.

Data hasil yang dilakukan diharapkan dapat dijadikan suatu perbandingan dengan data hasil penempelan dari setiap kedalaman. Dari perbandingan hasil tersebut dapat ditentukan suatu nilai rata-rata *biofouling* berdasarkan tingkat kedalaman laut pada setiap variasi material yang digunakan dalam pengujian.

Spesimen kayu jati dan bambu memiliki daya serap air yang dimungkinkan akan menjadi penambahan berat dari material yang ada. Berikut data perendaman kayu jati dan bambu pada air laut (dalam kondisi laut lepas).

4.1.4.1 Data Penempelan *Biofouling* pada Material Bambu Laminasi

Hasil pengumpulan data untuk material bambu laminasi terdapat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17. Selanjutnya akan dijabarkan kedalam setiap spesimen uji pada seluruh kelompok yang diujikan.

Tabel 4.16 Jumlah penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m.

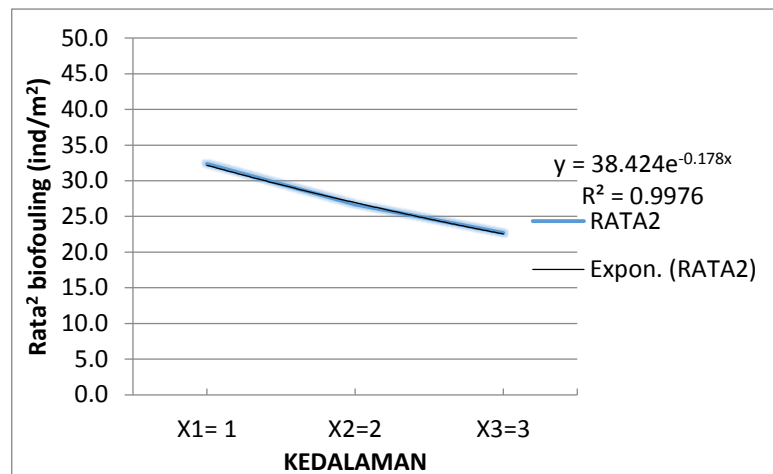
BAMBU 0.5X0.03X0.03 m					
PERIODE VIII	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	31	32	34	32.2
	X2 = 2	26	26	28	26.7
	X3 = 3	21	24	23	22.7
	TOTAL	78	82	85	81.7

Tabel 4.17 Jumlah penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m.

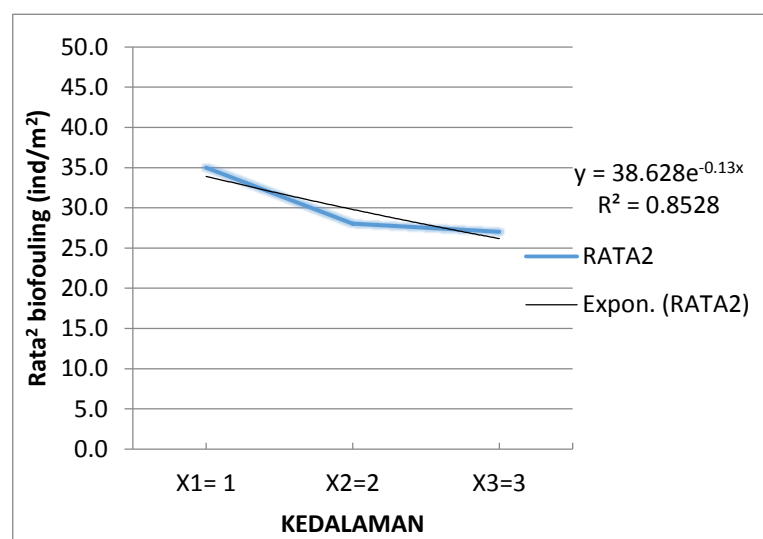
BAMBU 0.65X0.03x0.03 m					
PERIODE VIII	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	34	35	36	35.0
	X2 = 2	28	27	29	28.0
	X3 = 3	27	28	26	27.0
	TOTAL	89	90	91	90.0

Tabel 4.16 dan Tabel 4.17 merupakan tabel hasil analisa biofouling pada spesimen bambu laminasi yang berbeda ukuran yang dilakukan pada minggu keempat. Didalam tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikan. Setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap kedalaman laut.

Faktor dari kedalaman laut yang digunakan mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Seiring berjalannya waktu hal tersebut dapat berdampak pada laju pertambahan jumlah *biofouling* yang menempel pada masing-masing spesimen yang diujikan. Sehingga setiap periode waktu dapat dilihat melalui laju tingkat penempelan *biofouling* pada spesimen uji yang digunakan.



Gambar 4.16 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu kedelapan.



Gambar 4.17 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu kedelapan.

Grafik pada Gambar 4.16 merupakan suatu grafik hasil pengujian nilai rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 cm pada minggu kedelapan. Nominal rata-rata biofouling tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada tabel 4.16 sedangkan grafik pada Gambar 4.17 merupakan suatu grafik hasil pengujian rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 cm pada minggu kedelapan. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tingkat kedalaman yang paling rendah ($x = 1$ m), rata-rata *biofouling* yang menempel pada spesimen uji bambu laminasi berukuran 50x3x3 yaitu sebanyak 32.3 ind/m² dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu keenam yang hanya 27.3 ind/m², Sedangkan pada spesimen uji yang berukuran 0.65x0.03x0.03 yaitu sebanyak 35 ind/m² dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu keenam yang hanya 31.7 ind/m². Perbedaan ukuran pada specimen uji terjadi peningkatan ratio penempelan yang signifikan. Hal tersebut telah dapat mengindikasikan bahwa spesimen uji tersebut cukup berpotensi dalam jumlah penempelan *biofouling*.

Hipotesa bahwa organisme *biofouling* cenderung menyukai substrat di daerah permukaan laut terbukti ketika nilai rata-rata penempelan *biofouling* menunjukkan grafik menurun sesuai dengan tingkatan kedalaman laut. Sehingga sampai pada kedalaman laut yang paling dalam, jumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada spesimen uji berukuran 0.5x0.03x0.03 cm terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 22.7 ind/m² sedangkan spesimen uji berukuran 0.65x0.03x0.03 m terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 27.0 ind/m² masing-masing pada kedalaman $x = 3$ m. Ditariknya sebuah garis dari hasil observasi dan garis eksponensial untuk hasil spesimen yang berukuran 0.5x0.03x0.03 m maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 38,424e^{-0,178x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2=0,9976$. Sedangkan hasil spesimen yang berukuran 0.65x0.03x0.03 m, maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 38,628e^{-0,13x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2=0,8528$. Nilai-nilai tersebut menunjukkan suatu tingkat realitas yang diperoleh dari hasil analisa yang dilakukan berdasar faktor kedalaman.

4.1.4.2 Data Penempelan *Biofouling* pada Material Jati

Hasil pengumpulan data untuk material kayu jati terdapat pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19. Selanjutnya akan dijabarkan kedalam setiap spesimen uji pada seluruh kelompok yang diujikan.

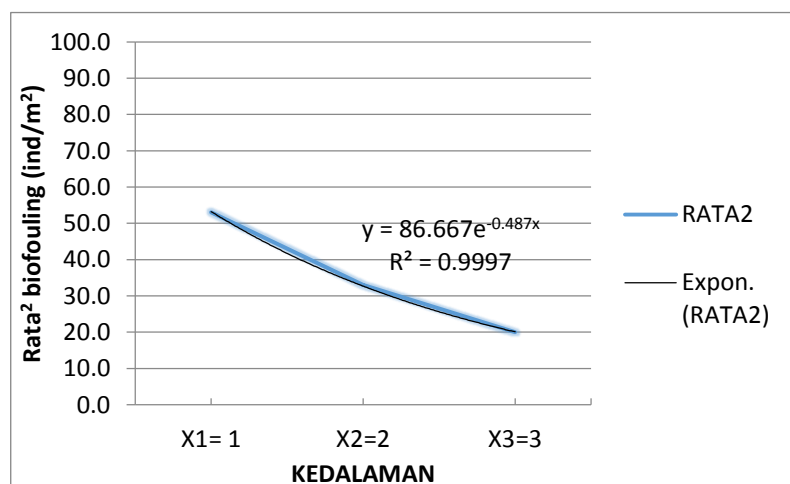
Tabel 4.18 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m

KAYU JATI 0.5X0.03X0.03					
PERIODE VIII	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	53	54	52	53.0
	X2 = 2	32	34	33	33.0
	X3 = 3	19	21	20	20.0
	TOTAL	104	109	105	106.0

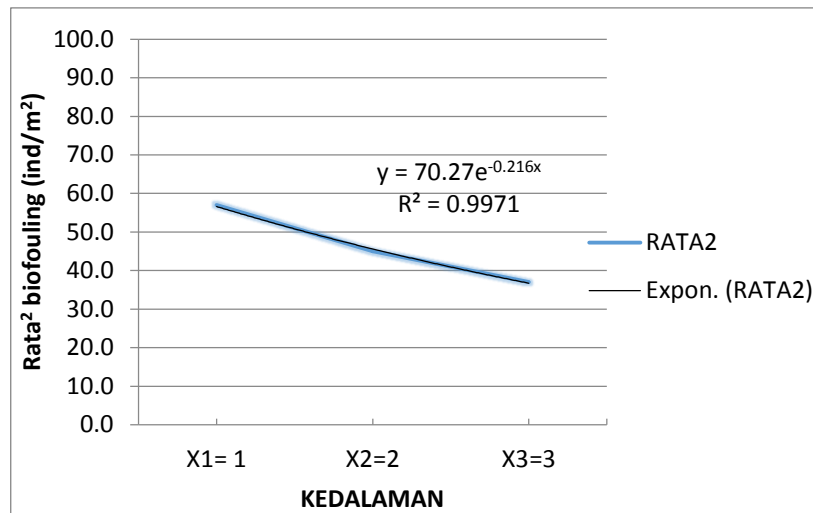
Tabel 4. 19 Jumlah Penempelan *biofouling* berdasarkan kedalaman laut (m) pada spesimen uji pada bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m.

KAYU JATI 0.65X0.03X0.03					
PERIODE VIII	KEDALAMAN (m)	LUASAN			RATA ²
		1	2	3	
	X1 = 1	57	56	58	57.0
	X2 = 2	44	45	46	45.0
	X3 = 3	38	37	36	37.0
	TOTAL	139	138	140	139.0

Tabel 4.18 dan Tabel 4.19 merupakan tabel hasil analisa *biofouling* pada spesimen bambu laminasi yang berbeda ukuran yang dilakukan pada minggu keempat. Didalam tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikan. Setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap kedalaman laut. Faktor dari kedalaman laut yang digunakan mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Seiring berjalannya waktu hal tersebut dapat berdampak pada laju pertambahan jumlah *biofouling* yang menempel pada masing-masing spesimen yang diujikan. Sehingga setiap periode waktu dapat dilihat melalui laju tingkat penempelan *biofouling* pada spesimen uji yang digunakan.



Gambar 4.18 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m di minggu kedelapan



Gambar 4.19 Grafik rata-rata penempelan *biofouling* terhadap jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m di minggu kedelapan.

Grafik pada Gambar 4.18 merupakan suatu grafik hasil pengujian nilai rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 m pada minggu keenam. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.18 sedangkan grafik pada Gambar 4.19 merupakan suatu grafik hasil pengujian rata-rata yang dilakukan terhadap spesimen bambu laminasi berukuran 0.65x0.03x0.03 m pada minggu keenam. Nominal rata-rata *biofouling* tersebut didapatkan dari hasil analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tingkat kedalaman yang paling rendah ($x = 1$ m), rata-rata *biofouling* yang menempel pada spesimen uji bambu laminasi berukuran 0.5x0.03x0.03 yaitu sebanyak 32.3 ind/m² dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu keempat yang hanya 27.3 ind/m², Sedangkan pada spesimen uji yang berukuran 0.65x0.03x0.03 yaitu sebanyak 35.0 ind/m² dan jika dibandingkan dengan hasil analisa minggu kedua yang hanya 31.7 ind/m². Perbedaan ukuran pada spesimen uji terjadi peningkatan ratio penempelan yang signifikan. Hal tersebut telah dapat mengindikasikan bahwa spesimen uji tersebut cukup berpotensi dalam jumlah penempelan *biofouling*.

Hipotesa bahwa organisme *biofouling* cenderung menyukai substrat di daerah permukaan laut terbukti ketika nilai rata-rata penempelan *biofouling* menunjukkan grafik menurun sesuai dengan tingkatan kedalaman laut. Sehingga sampai pada kedalaman laut yang paling dalam, jumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada spesimen uji berukuran 0.5x0.03x0.03 m terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata 22.7 ind/m² sedangkan spesimen uji berukuran 0.65x0.03x0.03 m terus menurun hingga menyentuh nilai rata-rata

27.0 ind/m² masing-masing pada kedalaman $x = 3$ m. Ditariknya sebuah garis dari hasil observasi dan garis eksponential untuk hasil spesimen yang berukuran 0.5x0.03x0.03 m maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 86,667e^{-0,487x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2=0,9997$. Sedangkan hasil spesimen yang berukuran 0.65x0.03x0.03 m, maka dapat diperoleh suatu persamaan $Y = 70,27e^{-0,216x}$, selain persamaan tersebut dapat diperoleh pula suatu nilai regresi $R^2=0,9971$. Nilai-nilai tersebut menunjukkan suatu tingkat realitas yang diperoleh dari hasil analisa yang dilakukan berdasar faktor kedalaman.

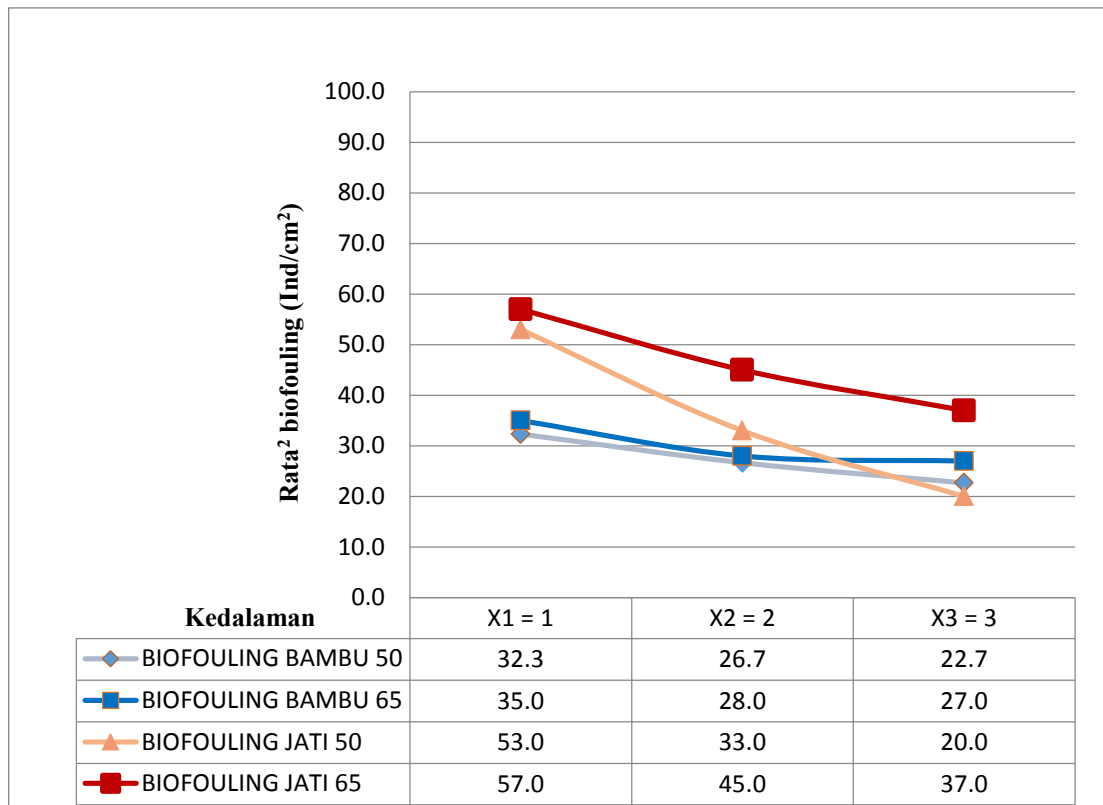
4.1.4.3 Rekapitulasi Penempelan *Biofouling* Pada Minggu Kedelapan

Tahap selanjutnya jumlah penempelan *biofouling* akan dilakukan proses rekapitulasi data yang telah diperoleh dari hasil pengujian spesimen uji pada periode pertama. Pada periode minggu pertama tersebut proses pengujian spesimen uji pada periode pertama. Periode keempat tersebut proses pengujian telah dilakukan selama delapan minggu sejak hari pertama pengujian dilakukan. Diharapkan dari hasil analisa ini akan diperoleh dari jumlah penempelan *biofouling* yang berhasil menempel pada seluruh specimen uji. Karena dengan adanya hasil yang telah diperoleh tersebut dapat dijadikan suatu acuan awal untuk mengetahui laju dari jumlah penempelan *biofouling* yang terjadi pada setiap spesimen uji guna proses analisa selanjutnya.

Tabel 4.20 Rekapitulasi hasil perhitungan nilai rata-rata penempelan *biofouling* pada bambu laminasi dan kayu jati pada minggu kedelapan.

Kelompok	Kedalaman (m)	Jumlah Biofouling (ind/m ²)			
		Biofouling Jati 50	Biofouling Jati 65	Biofouling Bambu 50	Biofouling Bambu 65
Rata ²	X1= 1	53.0	57.0	32.3	35.0
	X2=2	33.0	45.0	26.7	28.0
	X3=3	20.0	37.0	22.7	27.0

Tabel 4.20 merupakan tabel hasil analisa nilai rata-rata penempelan *biofouling* pada minggu kedelapan yang didapatkan. Tabel tersebut terdapat sejumlah *biofouling* yang berhasil menempel pada setiap spesimen yang diujikakan. Setiap spesimen memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda untuk setiap jenis material dengan variasi ukuran yang berbeda dan variasi kedalaman yang telah diaplikasikan pada masing-masing spesimen. Berikut grafik tren dari hasil rata-rata penempelan *biofouling* terhadap material uji pada minggu keenam terlihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Grafik hasil rekapitulasi rata-rata *biofouling* pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu kedelapan.

4.2 Data Biomassa *Biofouling*

Biomassa (berat basah) *biofouling* merupakan suatu ukuran berat basah organisme fouling per satuan luas area (Odum, 1993). Analisa ini dilakukan dengan menghitung berat basah awal dimana spesimen uji direndam sampai batas maksimum daya serap material tersebut dengan batasan waktu 24 jam. Perhitungan dan analisa *biofouling* akan dilakukan dengan menganalisa tiap material uji dengan variasi kedalaman yang berbeda sampai perhitungan rata-rata biomassa yang menempel. Perhitungan biomassa *biofouling* dilakukan secara periodik setiap 2 minggu sekali selama 8 minggu, sehingga akan didapatkan data penambahan *biofouling* pada masa awal dan akhir dari percobaan *biofouling* yang dilakukan.

Perhitungan biomassa dilakukan dengan cara menimbang material uji dengan menggunakan timbangan analitik, kemudian analisa data dilakukan dengan penjabaran data dan rekapitulasi berat rata-rata dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Hal ini dimaksudkan agar dapat mempermudah dan memahami dalam langkah-langkah penelusuran hasil perhitungan.

4.2.1 Data Biomassa *Biofouling* Berukuran 0.50x0.03x0.03 m

4.2.1.1 Biomassa *Biofouling* pada Material Uji pada Kedalaman 1 m

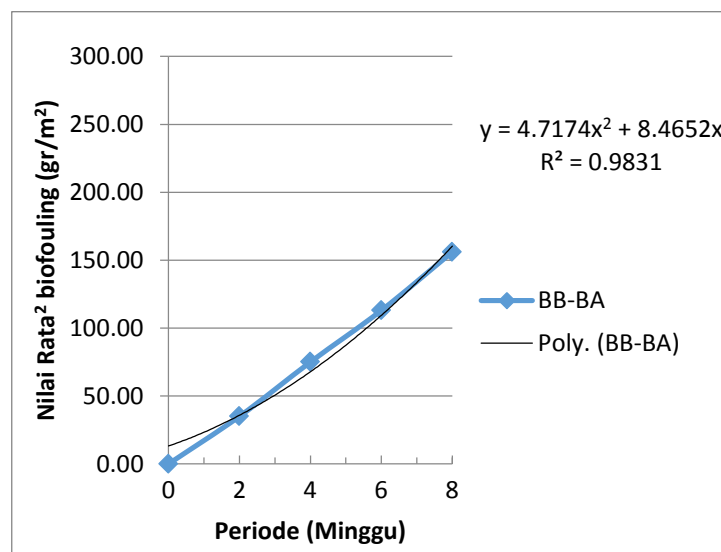
Tabel 4.21 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (BA) (gr/m ²)	Berat Basah (BB) (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	342	377	35.00
4 Minggu	357	432	75.00
6 Minggu	357	470	113.00
8 Minggu	421	577	156.00

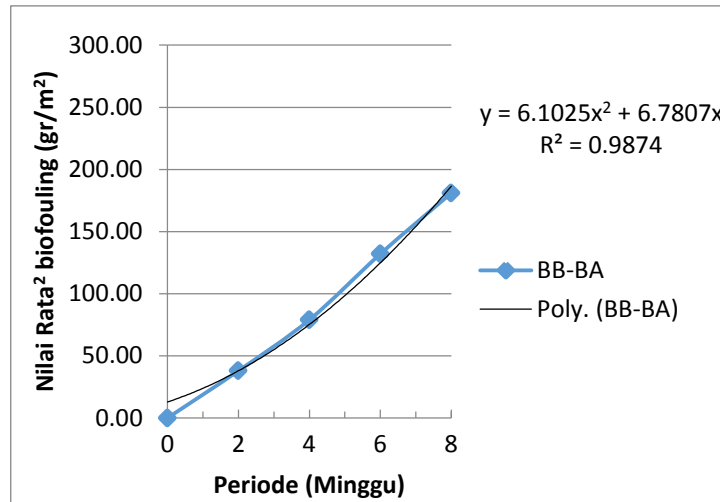
Tabel 4.22 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (BA) (gr/m ²)	Berat Basah (BB) (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	314	352	38.00
4 Minggu	306	385	79.00
6 Minggu	316	448	132.00
8 Minggu	326	507	181.00

Tabel 4.21 dimana hasil pengujian bambu laminasi terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 35 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 156 gr/m² pada minggu akhir pengujian. Selanjutnya pada tabel 4.22 dimana hasil pengujian kayu jati terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 38 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 181 gr/m² pada minggu akhir pengujian.



Gambar 4.21 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 1m



Gambar 4.22 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 1m

Garis observasi yang didapatkan dari besaran hasil pengujian untuk setiap dua mingguan menunjukkan grafik pertambahan yang cukup besar dari minggu kedua sampai minggu kedelapan. Garis observasi ini kemudian ditarik garis polinomial, dimana garis tersebut menunjukkan trendline peningkatan biomassa setiap minggunya kemudian dari kedua garis tersebutdi dapatkan persamaan $y = 4.7174x^2 + 8.4652x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9831$ untuk hasil pengujian biomassa material uji bambu laminasi. Selanjutnya didapatkan persamaan $y = 6.1025x^2 + 6.7807x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9874$ untuk untuk hasil pengujian biomassa material uji kayu jati.

4.2.1.2 Biomassa *Biofouling* pada Material Uji pada Kedalaman 2 m

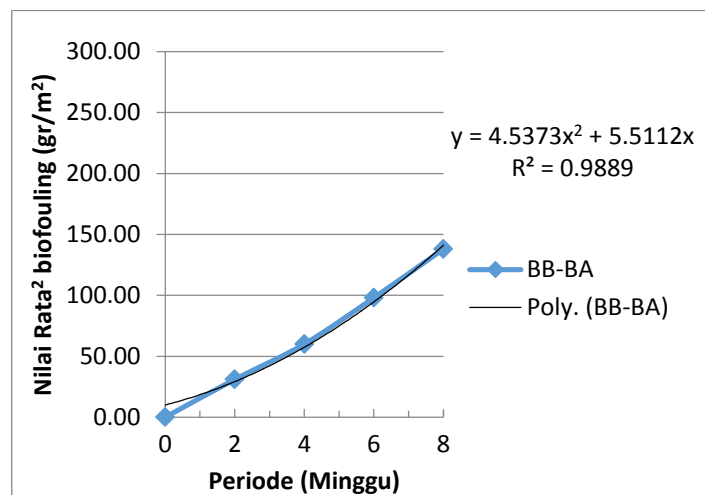
Tabel 4.23 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (BA) (gr/m ²)	Berat Basah (BB) (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	366	397	31.00
4 Minggu	372	432	60.00
6 Minggu	368	466	98.00
8 Minggu	381	519	138.00

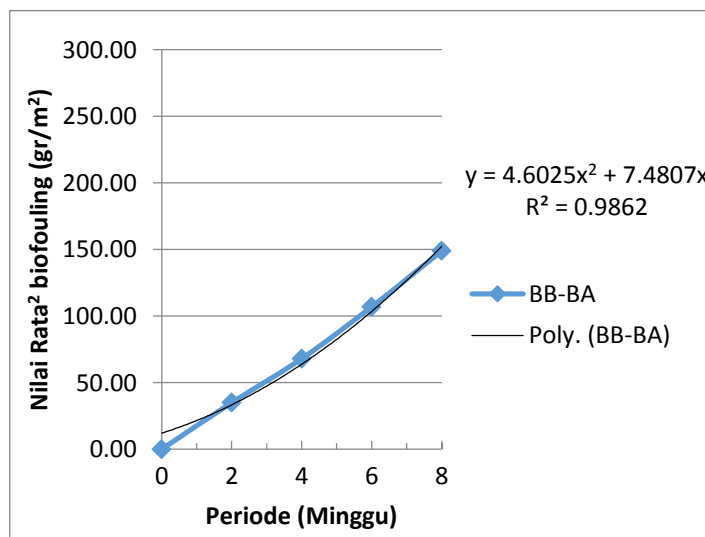
Tabel 4.24 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (BA) (gr/m ²)	Berat Basah (BB) (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	323	358	35.00
4 Minggu	339	407	68.00
6 Minggu	308	415	107.00
8 Minggu	336	485	149.00

Tabel 4.23 dimana hasil pengujian bambu laminasi terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 31 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 138 gr/m² pada minggu akhir pengujian. Hasil pada Tabel 4.23 ini didapatkan dari rata-rata penempelan yang terjadi pada material uji bambu laminasi. Selanjutnya pada Tabel 4.24 hasil pengujian kayu jati terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 35 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 149 gr/m² pada minggu akhir pengujian. Hasil pada Tabel 4.24 ini didapatkan dari rata-rata penempelan yang terjadi pada material uji bambu laminasi.



Gambar 4.23 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 2 m



Gambar 4.24 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 2 m

Garis observasi yang didapatkan dari besaran hasil pengujian untuk setiap dua mingguan menunjukkan grafik pertambahan yang cukup besar dari minggu kedua sampai minggu kedelapan. Garis observasi ini kemudian ditarik garis polynomial, dimana garis

tersebut menunjukkan trendline peningkatan biomassa setiap minggunya kemudian dari kedua garis tersebutdi dapatkan persamaan $y = 4.5373x^2 + 5.5112x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9889$ untuk hasil pengujian biomassa material uji bambu laminasi. Selanjutnya didapatkan persamaan $y = 4.6025x^2 + 7.4807x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9862$ untuk untuk hasil pengujian biomassa material uji kayu jati.

4.2.1.3 Biomassa *Biofouling* pada Material Uji pada Kedalaman 3 m

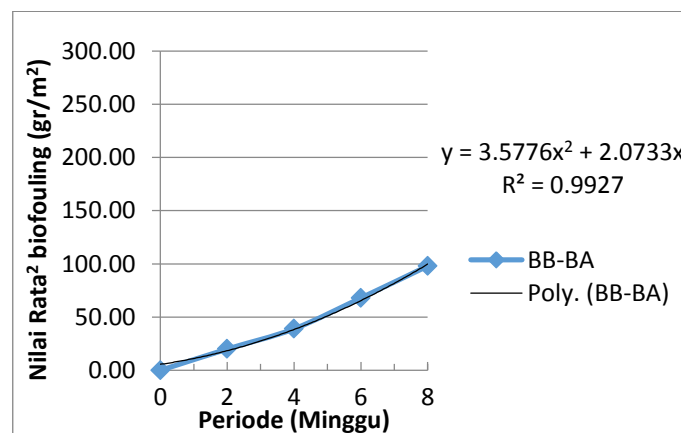
Tabel 4.25 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (BA) (gr/m ²)	Berat Basah (BB) (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	374	394	20.00
4 Minggu	379	418	39.00
6 Minggu	381	449	68.00
8 Minggu	370	468	98.00

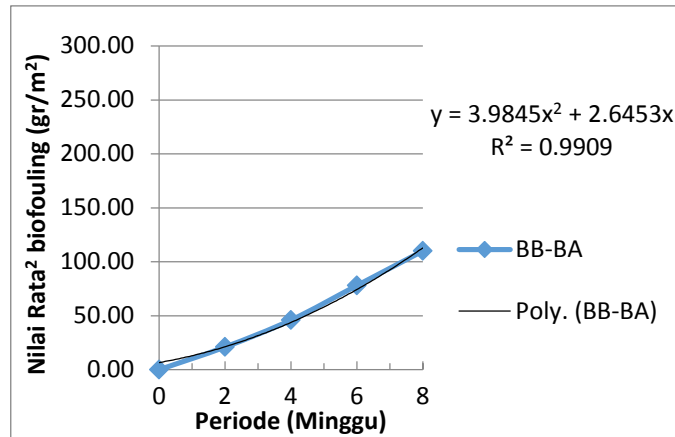
Tabel 4.26 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (BA) (gr/m ²)	Berat awal (BA) (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	300	321	21.00
4 Minggu	314	360	46.00
6 Minggu	299	377	78.00
8 Minggu	338	448	110.00

Tabel 4.25 dimana hasil pengujian bambu laminasi terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 20 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 98 gr/m² pada minggu akhir pengujian. Selanjutnya Tabel 4.26 dimana hasil pengujian kayu jati terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 21 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 110 gr/m² pada minggu akhir pengujian.



Gambar 4.25 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 3 m



Gambar 4.26 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m dengan kedalaman 3 m

Garis observasi yang didapatkan dari besaran hasil pengujian untuk setiap dua mingguan menunjukkan grafik pertambahan yang cukup besar dari minggu kedua sampai minggu kedelapan. Garis observasi ini kemudian ditarik garis polynomial, dimana garis tersebut menunjukkan trendline peningkatan biomassa setiap minggunya kemudian dari kedua garis tersebutdi dapatkan persamaan $y = 3.5776x^2 + 2.0733x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9927$ untuk hasil pengujian biomassa material uji bambu laminasi. Selanjutnya didapatkan persamaan $y = 3.9845x^2 + 2.6453x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9909$ untuk untuk hasil pengujian biomassa material uji kayu jati.

4.2.1.4 Rekapitulasi Akhir Hasil Perhitungan Biomassa Biofouling berukuran 0.50x0.03x0.03 m

Setelah dilakukan perhitungan biomassa untuk setiap kedalaman. Maka didapatkan rekapitulasi akhir biomassa *biofouling* dari hasil analisa mingguan terhadap kedalaman.

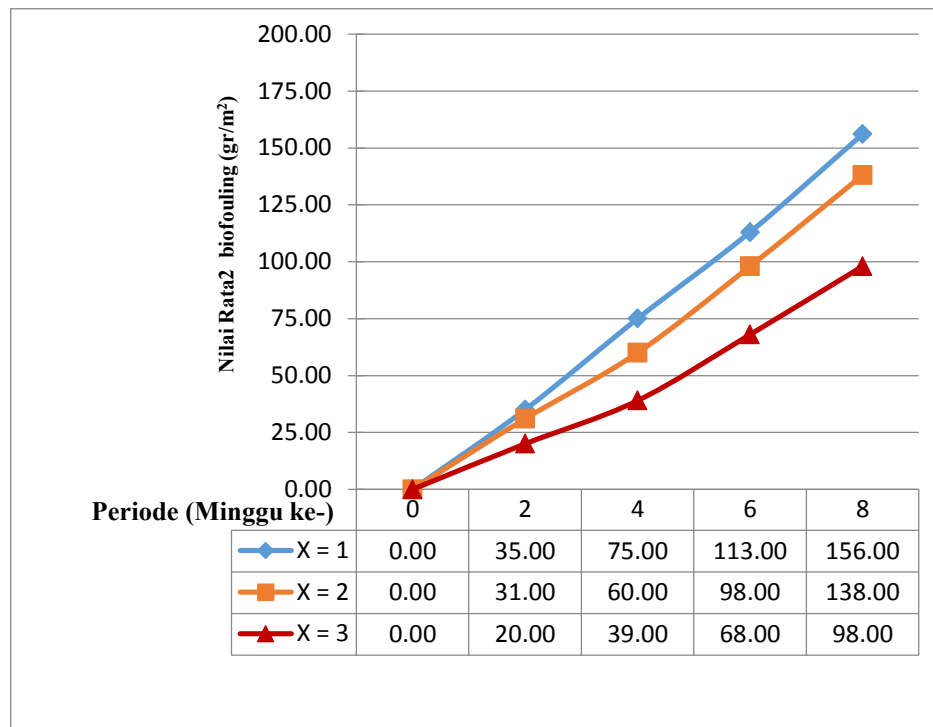
Tabel 4.27 Hasil nilai rata-rata biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi

Kedalaman (m)	Nilai rata-rata (gr/m ²)				
	Minggu ke-				
	-	2	4	6	8
X = 1	0	35	75	113	156
X = 2	0	31	60	98	138
X = 3	0	20	39	68	98

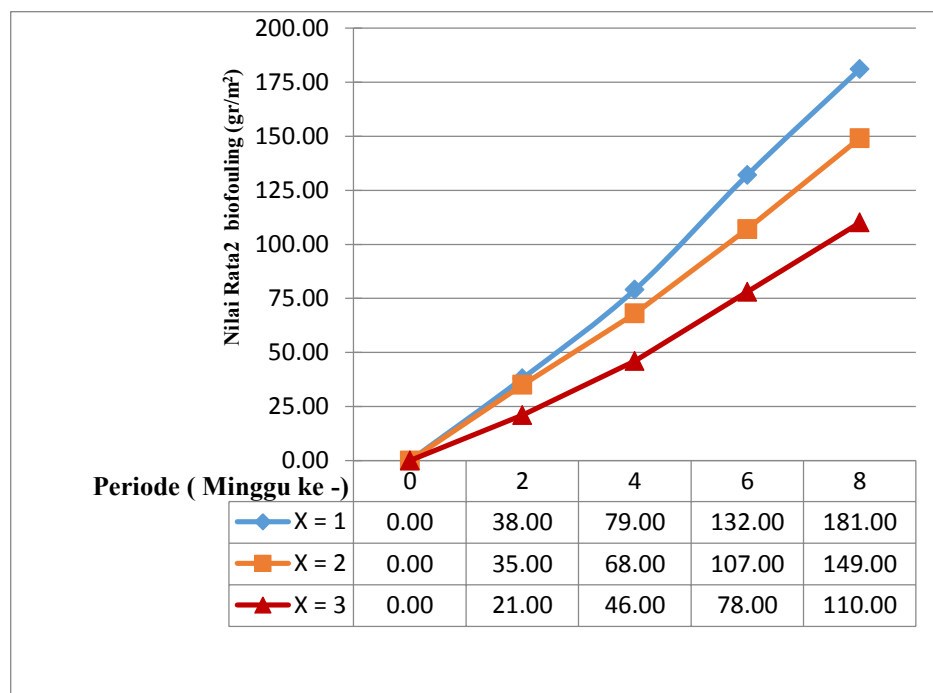
Tabel 4.28 Hasil nilai rata-rata biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati

Kedalaman (m)	Nilai rata-rata (gr/m ²)				
	Minggu ke-				
	-	2	4	6	8
X = 1	0	38	79	132	181
X = 2	0	35	68	107	149
X = 3	0	21	46	78	110

Tabel 4.27 dan Tabel 4.28 merupakan tabel nilai rata-rata biomassa yang diperoleh dari setiap periode pengujian dari awal sampai akhir pengujian. Setiap pertambahan periode pengujian nilai rata-rata biomassa penambahannya signifikan bertambah seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.27 dan Gambar 4.28.



Gambar 4.27 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi.



Gambar 4.28 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati.

4.2.2 Data Biomassa *Biofouling* Berukuran 0.65x0.03x0.03 m

4.2.2.1 Biomassa *Biofouling* pada Material Uji pada Kedalaman 1 m

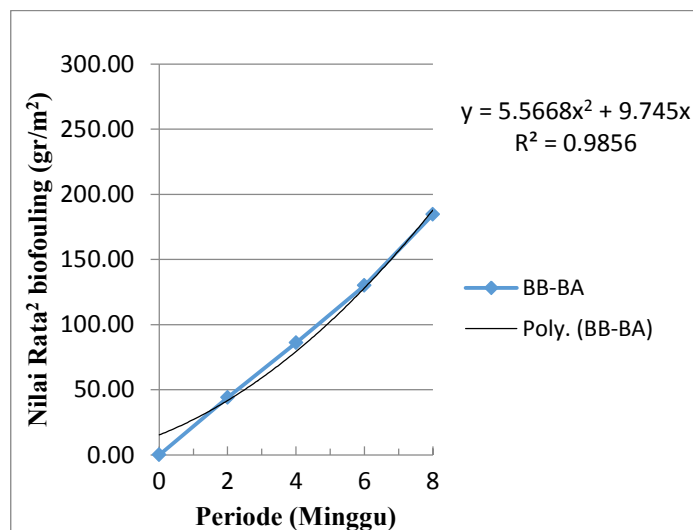
Tabel 4.29 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (BA) (gr/m ²)	Berat Basah (BB) (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	482	526	44.00
4 Minggu	524	610	86.00
6 Minggu	487	617	130.00
8 Minggu	501	679	184.50

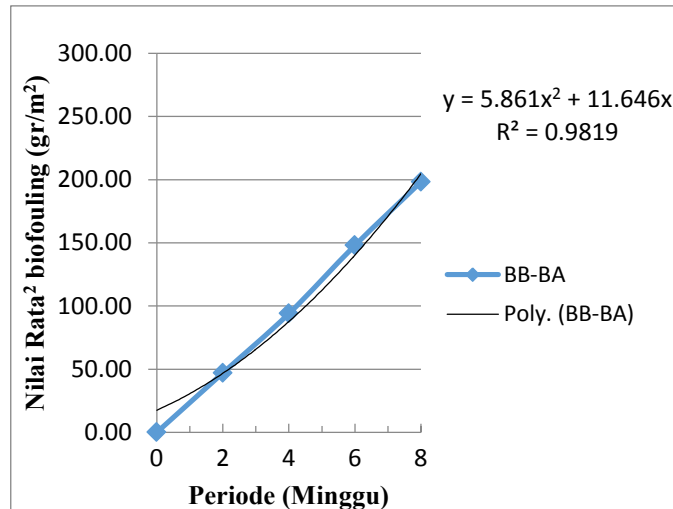
Tabel 4.30 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (gr/m ²)	Berat Basah (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	440	487	47.00
4 Minggu	411	505	94.00
6 Minggu	422	570	148.00
8 Minggu	440	639	198.25

Tabel 4.29 merupakan hasil pengujian bambu laminasi terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 44 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 178 gr/m² pada minggu akhir pengujian. Selanjutnya pada Tabel 4.30 hasil pengujian kayu jati terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 47 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 231 gr/m² pada minggu akhir pengujian.



Gambar 4.29 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 1m



Gambar 4.30 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 1m.

Garis observasi yang didapatkan dari besaran hasil pengujian untuk setiap dua mingguan menunjukkan grafik pertambahan yang cukup besar dari minggu kedua sampai minggu kedelapan. Garis observasi ini kemudian ditarik garis polynomial, dimana garis tersebut menunjukkan trendline peningkatan biomassa setiap minggunya kemudian dari kedua garis tersebutdi dapatkan persamaan $y = 5.5668x^2 + 9.745x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9856$ untuk hasil pengujian biomassa material uji bambu laminasi. Selanjutnya didapatkan persamaan $y = 5.861x^2 + 11.646x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9819$ untuk untuk hasil pengujian biomassa material uji kayu jati.

4.2.2.2 Biomassa *Biofouling* pada Material Uji pada Kedalaman 2 m

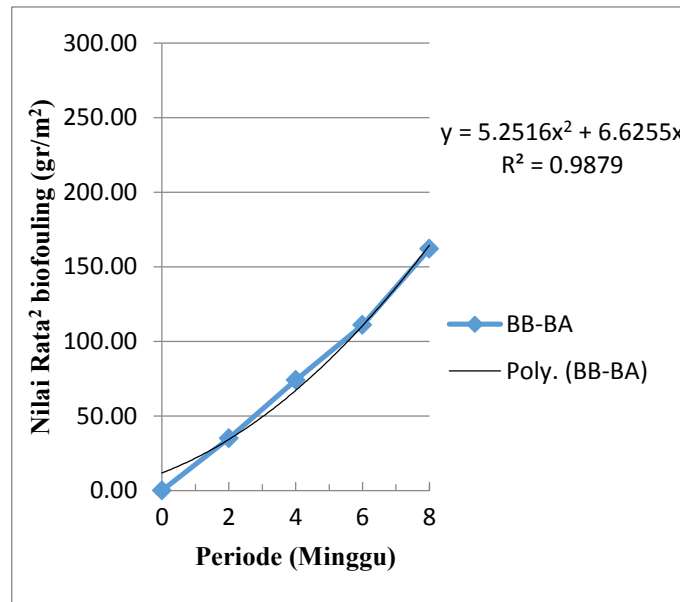
Tabel 4.31 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (BA) (gr/m ²)	Berat Basah (BB) (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	479	514	35.00
4 Minggu	501	575	74.00
6 Minggu	499	610	111.00
8 Minggu	520	682	162.00

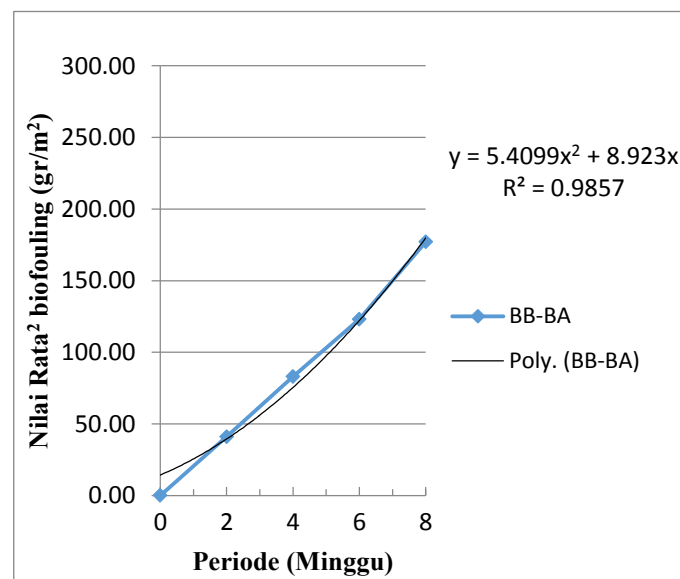
Tabel 4.32 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (BA) (gr/m ²)	Berat Basah (BB) (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	408	449	41.00
4 Minggu	434	517	83.00
6 Minggu	411	534	123.00
8 Minggu	424	600	176.00

Tabel 4.31 merupakan hasil pengujian bambu laminasi terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 35 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 162 gr/m² pada minggu akhir pengujian. Selanjutnya pada Tabel 4.32 hasil pengujian kayu jati terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 41 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 176 gr/m² pada minggu akhir pengujian.



Gambar 4.31 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 2 m.



Gambar 4.32 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 2 m.

Garis observasi yang didapatkan dari besaran hasil pengujian untuk setiap dua mingguan menunjukkan grafik pertambahan yang cukup besar dari minggu kedua sampai minggu kedelapan. Garis observasi ini kemudian ditarik garis polynomial, dimana garis tersebut menunjukkan trendline peningkatan biomassa setiap minggunya kemudian dari kedua garis tersebut didapatkan persamaan $y = 5.2516x^2 + 6.6255x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9879$ untuk hasil pengujian biomassa material uji bambu laminasi. Selanjutnya didapatkan persamaan $y = 5.3323x^2 + 9.1497x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9852$ untuk untuk hasil pengujian biomassa material uji kayu jati.

4.2.2.3 Biomassa *Biofouling* pada Material Uji pada Kedalaman 3 m

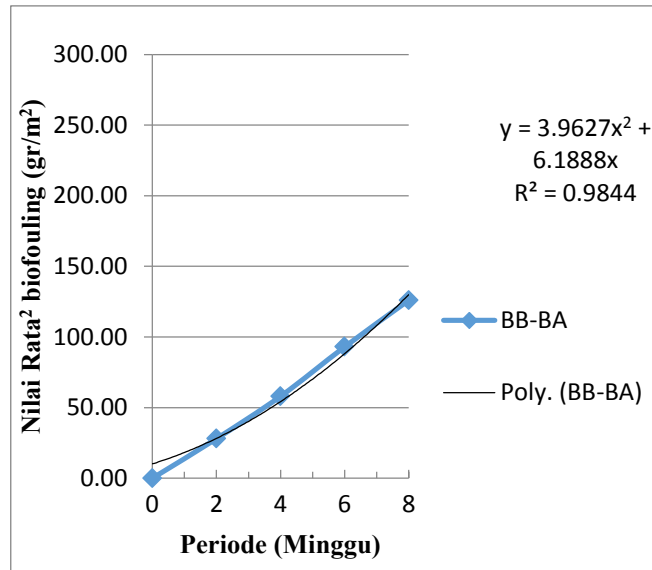
Tabel 4.33 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (BA) (gr/m ²)	Berat Basah (BB) (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	511	557	28.00
4 Minggu	533	618	58.00
6 Minggu	482	613	93.00
8 Minggu	501	684	126.00

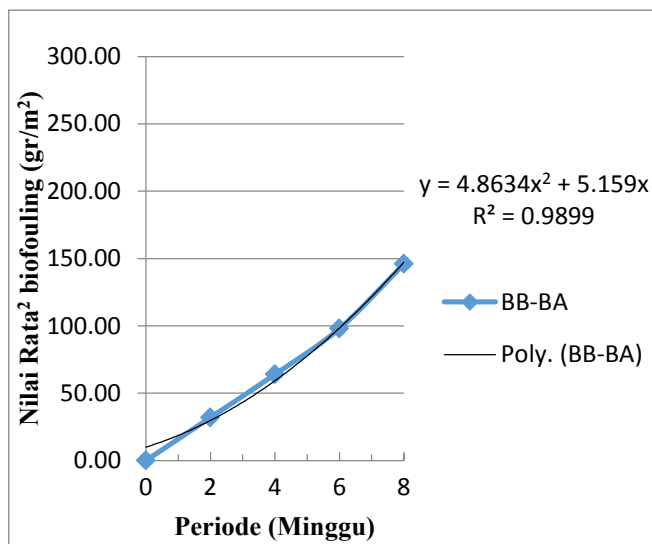
Tabel 4.34 Hasil Pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati

Periode Waktu	Perhitungan pertambahan		
	Berat awal (gr/m ²)	Berat Basah (gr/m ²)	BB-BA (gr/m ²)
2 Minggu	435	467	32.00
4 Minggu	431	495	64.00
6 Minggu	416	524	98.00
8 Minggu	458	604	146.00

Tabel 4.33 dimana hasil pengujian bambu laminasi terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 28 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 126 gr/m² pada minggu akhir pengujian. Hasil pada Tabel 4.33 ini didapatkan dari rata-rata penempelan *biofouling* yang terjadi pada material uji bambu laminasi. Selanjutnya Tabel 4.34 merupakan hasil pengujian kayu jati terlihat bahwa biomassa *biofouling* sebesar 32 gr/m² pada minggu kedua dan sebesar 146 gr/m² pada minggu akhir pengujian. Hasil Tabel 4.34 ini didapatkan dari rata-rata penempelan *biofouling* yang terjadi pada material uji kayu jati. Dari data penempelan *biofouling* tersebut didapatkan garis observasi yang terlihat pada Gambar 4.33 dan Gambar 4.34.



Gambar 4.33 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji bambu berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 3 m.



Gambar 4.34 Grafik hasil pengujian biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati berukuran 0.65x0.03x0.03 m dengan kedalaman 3 m.

Garis observasi yang didapatkan dari besaran hasil pengujian untuk setiap dua mingguan menunjukkan grafik pertambahan yang cukup besar dari minggu kedua sampai minggu kedelapan. Garis observasi ini kemudian ditarik garis polynomial, dimana garis tersebut menunjukkan trendline peningkatan biomassa setiap minggunya kemudian dari kedua garis tersebut di dapatkan persamaan $y = 3.9627x^2 + 6.1888x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9844$ untuk hasil pengujian biomassa material uji bambu laminasi. Selanjutnya didapatkan persamaan $y = 5.4845x^2 + 2.1453x$ dan nilai regresi sebesar $R^2 = 0.9946$ untuk untuk hasil pengujian biomassa material uji kayu jati.

4.2.2.4 Rekapitulasi Akhir Hasil Perhitungan Biomassa *Biofouling* berukuran 0.65x0.03x0.03 m

Setelah dilakukan perhitungan biomassa untuk setiap kedalaman. Maka didapatkan rekapitulasi akhir biomassa *biofouling* dari hasil analisa mingguan, rekapitulasi hasil analisa biomassa *biofouling* untuk masing-masing kedalaman.

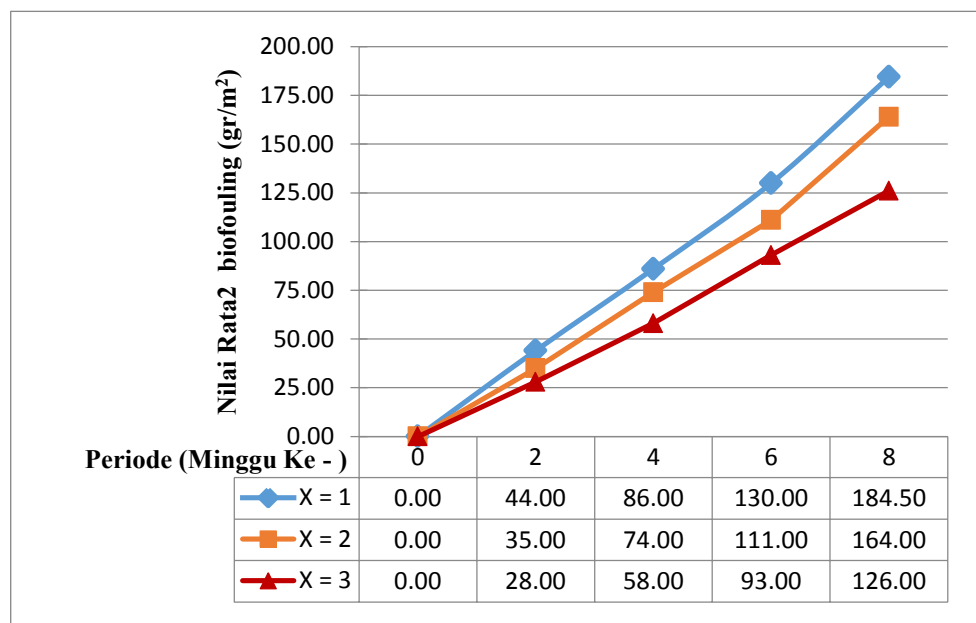
Tabel 4.35 Hasil nilai rata-rata biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi

Kedalaman (m)	Nilai rata-rata (gr/m ²)				
	Minggu ke-				
	-	2	4	6	8
X = 1	0	44	86	130	184.50
X = 2	0	35	74	111	164
X = 3	0	28	58	93	126

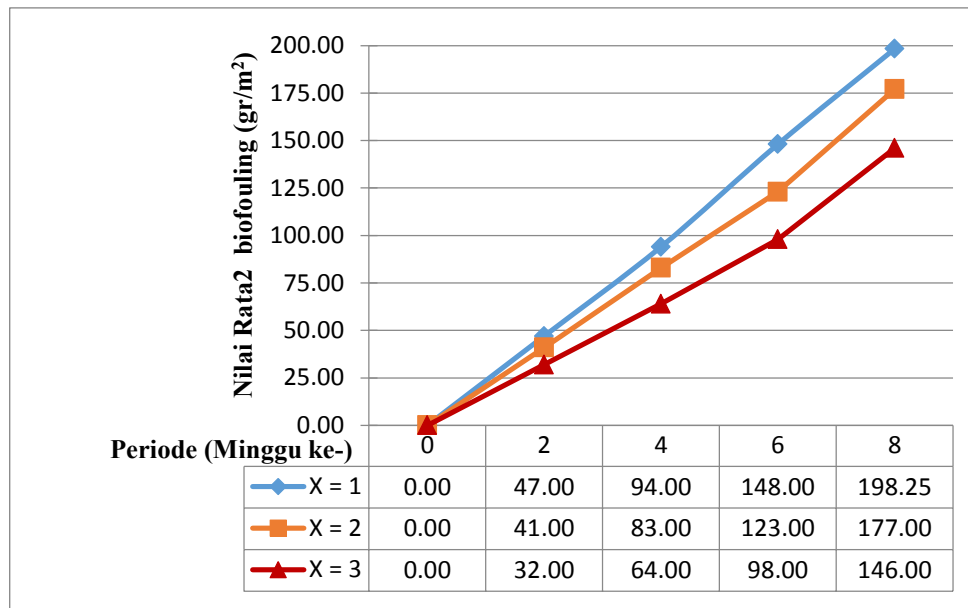
Tabel 4.36 Hasil nilai rata-rata biomassa *biofouling* untuk material kayu jati

Kedalaman (m)	Nilai rata-rata (gr/m ²)				
	Minggu ke-				
	-	2	4	6	8
X = 1	0	47	94	148	198.25
X = 2	0	41	83	123	177
X = 3	0	32	64	98	146

Tabel 4.34 dan Tabel 4.35 merupakan tabel nilai rata-rata biomassa yang diperoleh dari setiap periode pengujian dari awal sampai akhir pengujian. Setiap pertambahan periode pengujian nilai rata-rata biomassa penambahannya signifikan bertambah seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.35 dan Gambar 4.36.



Gambar 4.35 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi.



Gambar 4.36 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati.

BAB V

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

5.3 Analisa Penempelan *Biofouling*

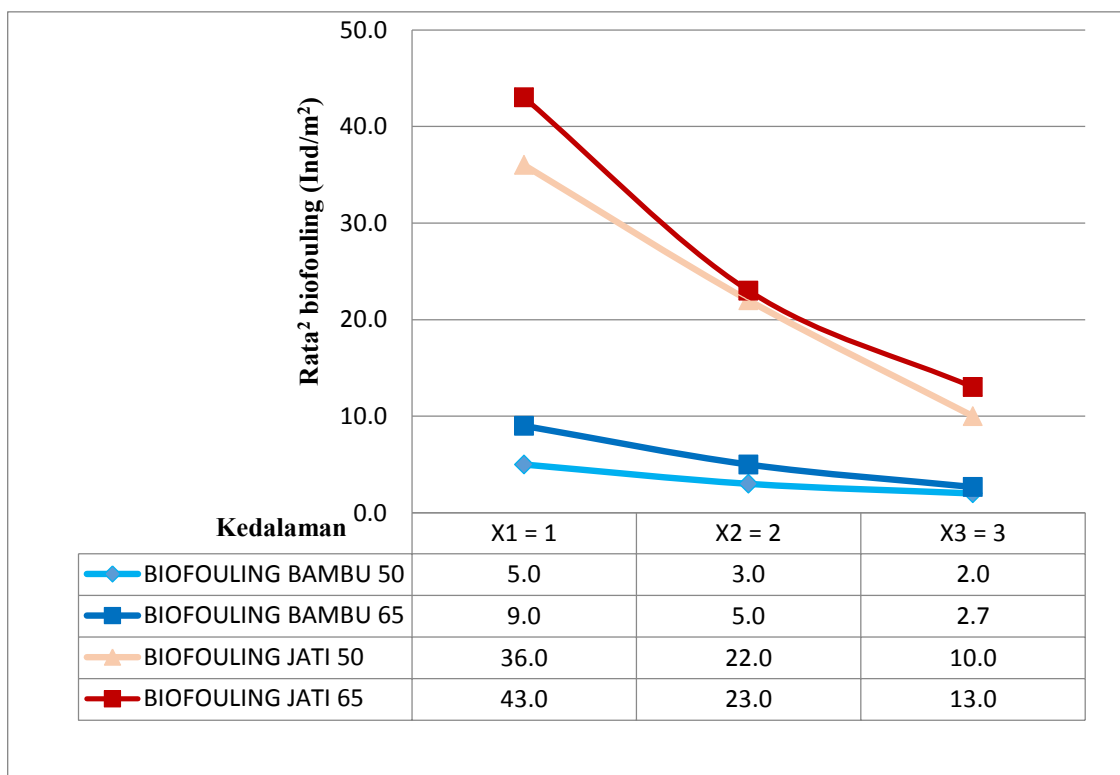
Proses analisa dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan jumlah penempelan *biofouling* yang menempel pada setiap spesimen uji. Material uji yang digunakan menggunakan bambu laminasi dan kayu jati. Adapun langkah penghitungan jumlah penempelan *biofouling* adalah dengan menghitung jumlah penempelan macrofouling dan perhitungan pertambahan berat sesuai dengan luasan dari setiap spesimen uji. Proses penghitungan jumlah penempelan *biofouling* tersebut akan dilakukan setiap periode dua minggu sekali selama kurun waktu delapan minggu waktu pengujian yang telah direncanakan. Proses analisa tersebut akan diperoleh suatu tahapan jumlah penempelan *biofouling* mulai dari awal periode pengujian awal hingga akhir pengujian selama minggu ke delapan. Sehingga akan dapat diketahui suatu laju pertumbuhan jumlah penempelan *biofouling* dan berat biomassa *biofouling* akibat penambahan pengotoran biologisnya pada masing-masing spesimen uji.

Setelah proses analisa telah dilakukan maka proses selanjutnya adalah proses rekapitulasi hasil analisa. Proses rekapitulasi tersebut dapat dikatakan dalam suatu proses analisa berikutnya. Karena di dalam proses rekapitulasi akan dilakukan suatu proses penghitungan jumlah penempelan penempelan *biofouling* rata-rata dari seluruh kedalaman dan pertambahan berat yang dihasilkan dari pengotoran biologis karena *biofouling*. Jumlah rata-rata penempelan *biofouling* setiap variasi material diperoleh dari proses rekapitulasi hasil analisa yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun metode yang digunakan adalah menghitung jumlah penempelan *biofouling* serta penambahan berat biomasanya yang akan diketahui dari masing-masing spesimen uji, dan akan dibuat grafik pertambahan berat dari tiap spesimen uji keseluruhan.

Sehingga dari seluruh proses analisa penempelan *biofouling* dan rekapitulasi data penempelan *biofouling* yang telah digunakan akan diperoleh gambaran jenis material dan sarat kedalaman yang paling minimum dalam penempelan *biofouling*. Untuk memperkuat gambaran tersebut maka akan digunakan analisa menggunakan uji statistik SPSS Metode “*one way annova*” dengan menguji efek perlakuan jenis material yang dan perlakuan variasi kedalaman.

5.3.1 Analisa Penempelan *Biofouling* Minggu Kedua

Analisa akan dilakukan dari hasil rekapitulasi pada setiap periode pengujian, dari hasil rekapitulasi tersebut faktor dari variasi kedalaman laut mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Hal ini terlihat grafik rata-rata penempelan *biofouling* pada minggu kedua dari hasil analisa, terlihat grafik penempelan *biofouling* menunjukkan tren yang semakin turun mengikuti interval kedalaman laut. Semua variasi jenis material menunjukkan suatu pengaruh positif ataupun negatif terhadap jumlah penempelan *biofouling* yang terjadi, hal ini dapat dilihat dari jumlah penempelan yang bervariasi pada masing-masing jenis material yang diujikan.



Gambar 5.1 Grafik hasil rekapitulasi pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu kedua

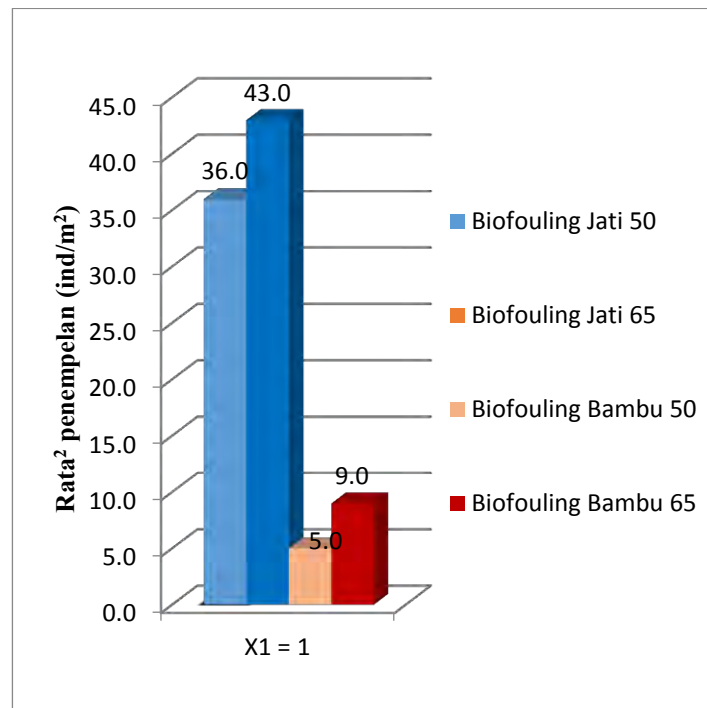
Grafik pada Gambar 5.1 merupakan hasil analisa yang telah dilakukan pada pengujian spesimen minggu kedua dan dimana pada grafik tersebut terdapat pula empat garis berwarna. Setiap garis tersebut merupakan perbedaan jenis material baik di ukuran dan bahan yang terdapat pada spesimen yang diujikan. Seluruh jumlah garis pada tabel dibawah ini sesuai dengan jumlah spesimen yang terdapat pada minggu kedua.

Terlihat dari grafik minggu kedua menunjukkan beberapa variasi tren nilai rata-rata penempelan *biofouling*. Grafik tersebut menunjukkan hasil analisa penghitungan yang

dilakukan pada setiap spesimen pada minggu kedua. Adanya beberapa variasi tren nilai rata-rata *biofouling* tersebut lebih dikarenakan adanya pengaruh dari faktor kedalaman laut yang diujikan pada spesimen itu sendiri. Hal tersebut dapat dijadikan suatu penyebab dimana pada setiap jenis material memiliki grafik nilai rata-rata *biofouling* yang cenderung stabil dan terus berlanjut. Sehingga besar laju tren grafik yang dimiliki oleh beberapa material uji tersebut berbeda dengan jenis material bahan pada spesimen lain.

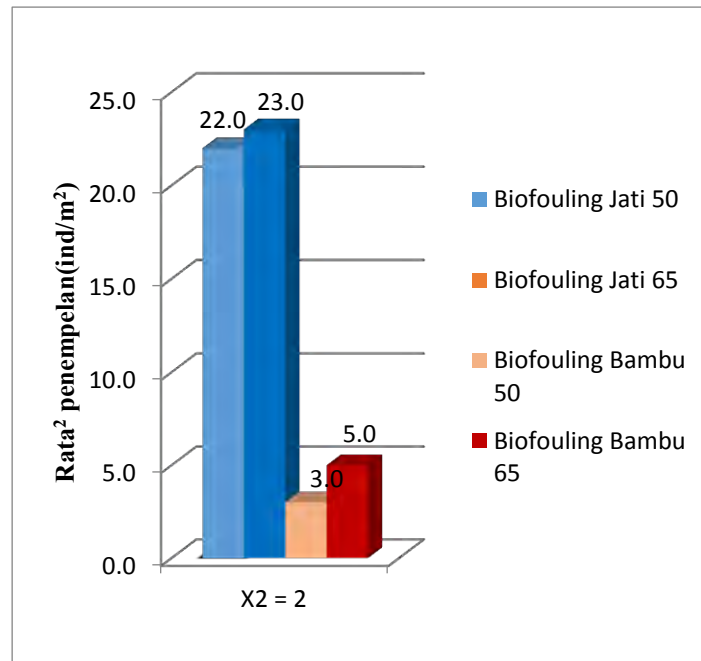
Grafik analisa minggu kedua memiliki peningkatan yang dapat dikatakan cenderung sempurna. Suatu material uji dapat dikatakan sempurna apabila jenis material bahan tersebut memiliki posisi yang tidak tergantikan mulai dari awal hingga akhir pengujian. Grafik tersebut dimiliki oleh beberapa material jenis kayu jati berukuran 0.5x0.03x0.03 m dan 0.65x0.03x0.03 m. Karena bahan material uji ini mempunyai peningkatan grafik analisa yang cenderung stabil dan tidak dimiliki oleh bahan material uji yang lain. Jika dilihat dari nilai rata-rata penempelan *biofouling* yang menempel pada spesimen uji maka material bahan jati sebagai nilai rata-rata penempelan tertinggi dan material bahan bambu laminasi sebagai jumlah penempelan terendah. Jika perbandingan masing-masing dilakukan setiap kedalaman laut, maka akan didapatkan grafik dibawah ini.

a. Grafik penempelan *biofouling* pada kedalaman 1 m



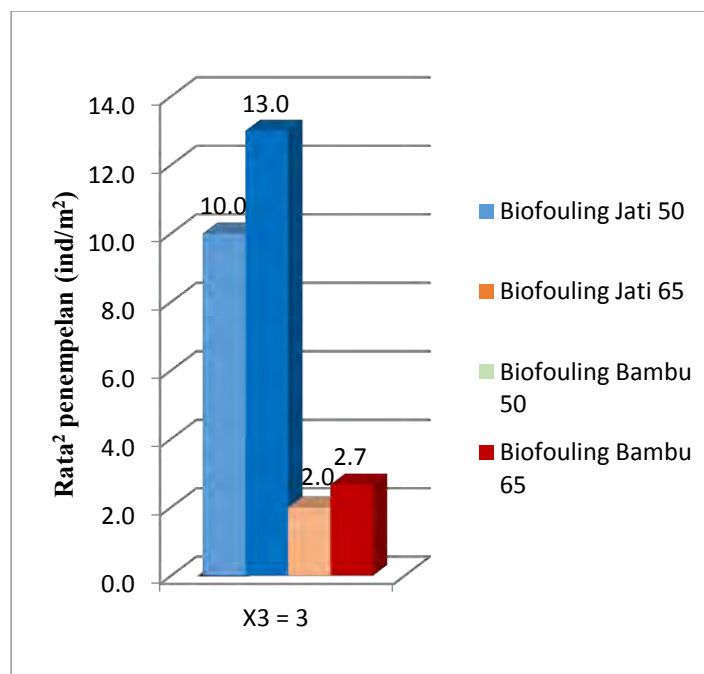
Gambar 5.2 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 1 m

b. Grafik penempelan *biofouling* pada kedalaman 2 m



Gambar 5.3 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 2 m

c. Grafik penempelan *biofouling* pada kedalaman 3 m



Gambar 5.4 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 3 m

Grafik pada Gambar 5.2 sampai dengan 5.4, terlihat bahwa jumlah penempelan *biofouling* yang terjadi terhadap material uji tidak terjadi perubahan posisi. Perbandingan

masing-masing ukuran material uji dilakukan terhadap setiap kedalaman laut. Posisi yang tertinggi tetap ditempati material uji kayu jati dan posisi yang terendah dalam jumlah penempelan biomassa ditempati oleh material uji bambu laminasi.

Khusus untuk bambu laminasi, material tersebut memiliki konsistensi yang dapat dikatakan cukup tinggi dalam penempelan biomassa. Hal ini memungkinkan dapat terjadi karena material ini memiliki sifat toksis atau beracun pada organisme laut. Pembuatan material bambu ini diawetkan menggunakan boraks. Daya pengawet yang kuat dari boraks berasal dari kandungan asam borat didalamnya. Maka dari itu material uji tersebut bersifat racun terhadap biota laut yang akan tertempel pada material ini.

Namun sebaliknya terjadi untuk material uji yang dimiliki oleh kayu jati, pada umumnya lebih banyak tertempel *biofouling*. Hal ini memungkinkan kayu jati meskipun memiliki sifat fisik dan mekanis yang cukup tinggi, tetapi material uji ini tidak bersifat racun maka dari itu di dalam penempelan biomassa memiliki indikasi bahwa kayu jati lebih disukai mikroorganisme laut. Karena suatu *biofouling* akan tumbuh subur jika didalam daur hidup mereka banyak terdapat berbagai faktor yang dapat mendukung kelangsungan mereka.

Untuk mengetahui apakah perbedaan jenis material dan kedalaman laut mempengaruhi penempelan *biofouling* maka dilakukan analisa uji pengaruh jenis material dan perlakuan kedalaman.

5.3.1.1 Uji efek perlakuan untuk ukuran 0.5x0.03x0.03 m

A. Uji efek perlakuan jenis material

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan jenis material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

H_1 : Paling tidak ada satu $\tau_i \neq 0$ (Ada pengaruh perlakuan)

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah jenis material memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 25,437$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(1; 16; 0,05)} = 4,49$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 25,437. Nilai ini lebih besar dari nilai F_{tabel} sebesar 4,49 sehingga H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa jenis material berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan jumlah *biofouling* pada material jati dan bambu berbeda.

B. Uji efek perlakuan kedalaman

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan kedalaman material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \beta_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah kedalaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 2,253$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(2; 15; 0,05)} = 3,68$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 2,253. Nilai ini lebih kecil dari nilai F_{tabel} sebesar 3,68 sehingga gagal menolak H_0 . Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman tidak berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan masing-masing kedalaman memiliki jumlah *biofouling* yang tidak jauh berbeda.

5.3.1.2 Uji efek perlakuan untuk ukuran 0.65x0.03x0.03 m

A. Uji efek perlakuan jenis material

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan jenis material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh

dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \tau_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah jenis material memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 21,113$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(1; 16; 0,05)} = 4,49$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 21,113. Nilai ini lebih besar dari nilai F_{tabel} sebesar 4,49 sehingga H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa jenis material berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan jumlah *biofouling* pada material jati dan bambu berbeda.

B. Uji efek perlakuan kedalaman

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan kedalaman material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \beta_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah kedalaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

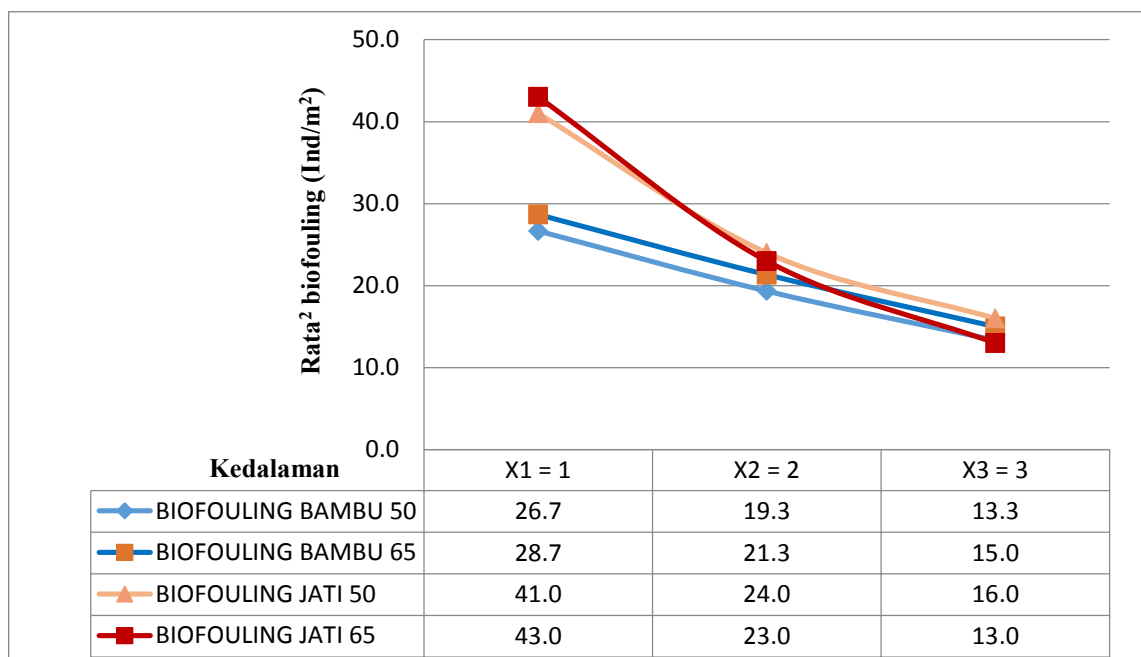
$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 3,213$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(2; 15; 0,05)} = 3,68$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 3,213. Nilai ini lebih kecil dari nilai F_{tabel} sebesar 3,68 sehingga gagal menolak H_0 . Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman tidak berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan masing-masing kedalaman memiliki jumlah *biofouling* yang tidak jauh berbeda.

5.3.2 Analisa Penempelan *Biofouling* Minggu Keempat

Analisa akan dilakukan dari hasil rekapitulasi pada setiap periode pengujian, dari hasil rekapitulasi tersebut faktor dari variasi kedalaman laut mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Hal ini terlihat grafik rata-rata penempelan *biofouling* pada minggu keempat dari hasil analisa, terlihat grafik penempelan *biofouling* menunjukkan tren yang semakin turun mengikuti interval kedalaman laut. Semua variasi jenis material menunjukkan suatu pengaruh positif ataupun negatif terhadap jumlah penempelan *biofouling* yang terjadi, hal ini dapat dilihat dari jumlah penempelan yang bervariasi pada masing-masing jenis material yang diujikan.

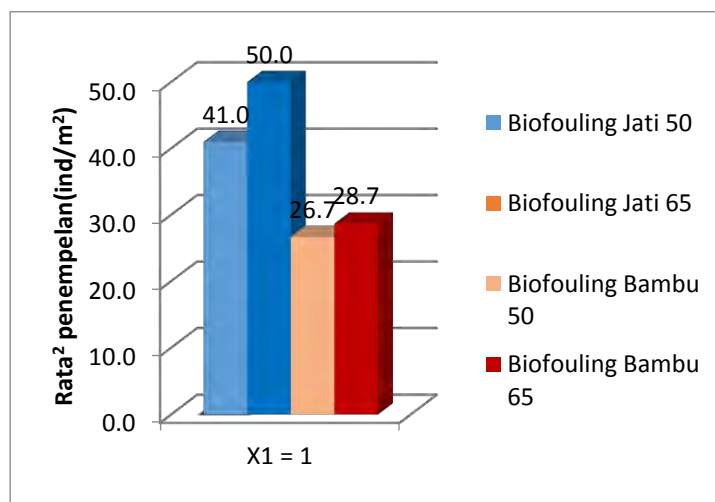


Gambar 5.5 Grafik hasil pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu keempat.

Grafik pada Gambar 5.5 merupakan hasil analisa yang telah dilakukan pada pengujian spesimen minggu keempat dan dimana pada grafik tersebut terdapat pula empat garis berwarna. Setiap garis tersebut merupakan perbedaan jenis material baik di ukuran dan bahan yang terdapat pada spesimen yang diujikan. Seluruh jumlah garis pada tabel dibawah ini sesuai dengan jumlah spesimen yang terdapat pada minggu keempat.

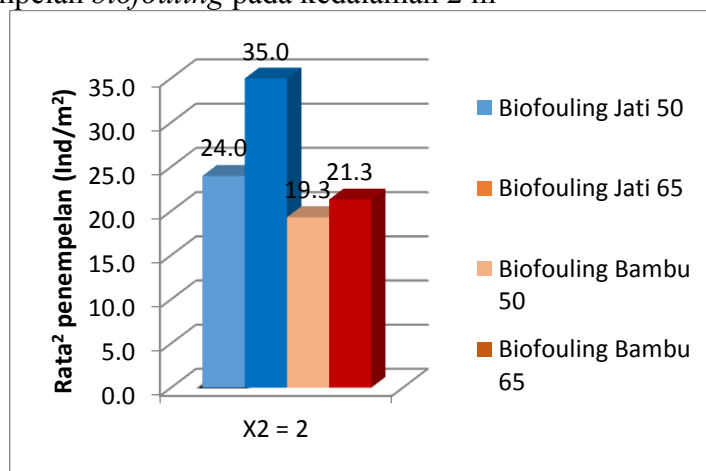
Terlihat dari grafik minggu keempat menunjukkan beberapa variasi tren nilai rata-rata penempelan *biofouling*. Grafik tersebut menunjukkan hasil analisa penghitungan yang dilakukan pada setiap spesimen pada minggu keempat. Adanya beberapa variasi tren nilai rata-rata *biofouling* tersebut lebih dikarenakan adanya pengaruh dari faktor kedalaman laut yang diujikan pada spesimen itu sendiri. Hal tersebut dapat dijadikan suatu penyebab dimana pada setiap jenis material memiliki grafik nilai rata-rata *biofouling* yang cenderung stabil dan terus berlanjut. Sehingga besar laju tren grafik yang dimiliki oleh beberapa material uji tersebut berbeda dengan jenis material bahan pada spesimen lain. Jika dilihat dari nilai rata-rata penempelan *biofouling* yang menempel pada spesimen uji maka spesimen uji kayu jati sebagai nilai rata-rata penempelan yang tertinggi dan spesimen uji bambu laminasi sebagai nilai rata-rata penempelan terendah. Jika perbandingan masing-masing ukuran yang dilakukan terhadap setiap kedalaman laut, maka akan didapatkan grafik dibawah ini.

a. Grafik penempelan *biofouling* pada kedalaman 1 m



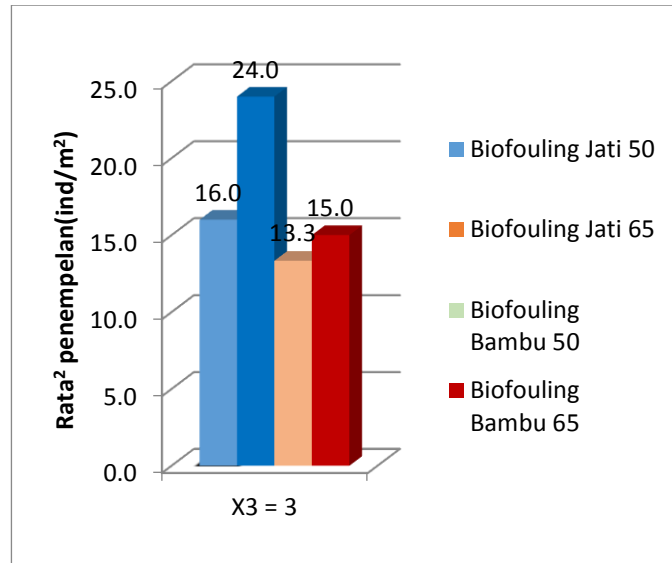
Gambar 5.6 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 1 m

b. Grafik penempelan *biofouling* pada kedalaman 2 m



Gambar 5.7 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 2 m

c. Grafik penempelan *biofouling* pada kedalaman 3 m



Gambar 5.8 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 3 m

Grafik pada Gambar 5.6 sampai dengan 5.8, terlihat bahwa jumlah penempelan *biofouling* yang terjadi terhadap material uji tidak terjadi perubahan posisi. Perbandingan masing-masing ukuran material uji dilakukan terhadap setiap kedalaman laut. Posisi yang tertinggi tetap ditempati material uji kayu jati dan posisi yang terendah dalam jumlah penempelan biomassa ditempati oleh material uji bambu laminasi.

Khusus untuk bambu laminasi, material tersebut memiliki konsistensi yang dapat dikatakan cukup tinggi dalam penempelan biomassa. Hal ini memungkinkan dapat terjadi karena material ini memiliki sifat toksis atau beracun pada organisme laut. Pembuatan material bambu ini diawetkan menggunakan boraks. Daya pengawet yang kuat dari boraks berasal dari kandungan asam borat didalamnya. Maka dari itu material uji tersebut bersifat racun terhadap biota laut yang akan tertempel pada material ini.

Namun sebaliknya terjadi untuk material uji yang dimiliki oleh kayu jati, pada umumnya lebih banyak tertempel *biofouling*. Hal ini memungkinkan kayu jati meskipun memiliki sifat fisik dan mekanis yang cukup tinggi, tetapi material uji ini tidak bersifat racun maka dari itu di dalam penempelan biomassa memiliki indikasi bahwa kayu jati lebih disukai mikroorganisme laut. Karena suatu *biofouling* akan tumbuh subur jika didalam daur hidup mereka banyak terdapat berbagai faktor yang dapat mendukung kelangsungan mereka.

Untuk mengetahui apakah perbedaan jenis material dan kedalaman laut mempengaruhi penempelan *biofouling* maka dilakukan analisa uji pengaruh jenis material dan perlakuan kedalaman.

5.3.2.1 Uji efek perlakuan untuk ukuran 0.5x0.03x0.03 m

A. Uji efek perlakuan jenis material

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan jenis material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \tau_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah jenis material memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 2,944$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(1; 16; 0,05)} = 4,49$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 2,944. Nilai ini lebih kecil dari nilai F_{tabel} sebesar 4,49 sehingga gagal menolak H_0 . Dapat disimpulkan bahwa jenis material tidak berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan jumlah *biofouling* pada material jati dan bambu tidak jauh berbeda.

B. Uji efek perlakuan kedalaman

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan kedalaman material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \beta_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah kedalaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 22,191$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(2; 15; 0,05)} = 3,68$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 22,191. Nilai ini lebih besar dari nilai F_{tabel} sebesar 3,68 sehingga H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan masing-masing kedalaman memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda.

Kemudian untuk mengetahui rata-rata (mean) jumlah *biofouling* pada kedalaman mana saja yang berbeda, dilakukan *Multiple Comparison Test* yaitu pengujian rata-rata dengan **Uji Tukey** (Lihat Lampiran). Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut:

- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 1 m dan 2 m berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,002 < α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 12,167. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 1 m dan faktor kedalaman 2 m berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.
- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 1 m dan 3 m berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,000 < α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 19,167. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 1 m dan faktor kedalaman 3 m berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.
- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 2 m dan 3 m berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,072 > α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 7,000. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 2 m dan

faktor kedalaman 3 m tidak jauh berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.

5.3.2.2 Uji efek perlakuan untuk ukuran 0.65x0.03x0.03 m

A. Uji efek perlakuan jenis material

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan jenis material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \tau_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah jenis material memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 11,473$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(1; 16; 0,05)} = 4,49$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 11,473. Nilai ini lebih besar dari nilai F_{tabel} sebesar 4,49 sehingga H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa jenis material berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan jumlah *biofouling* pada material jati dan bambu berbeda.

B. Uji efek perlakuan kedalaman

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan kedalaman material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \beta_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah kedalaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 7,862$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(2; 15; 0,05)} = 3,68$$

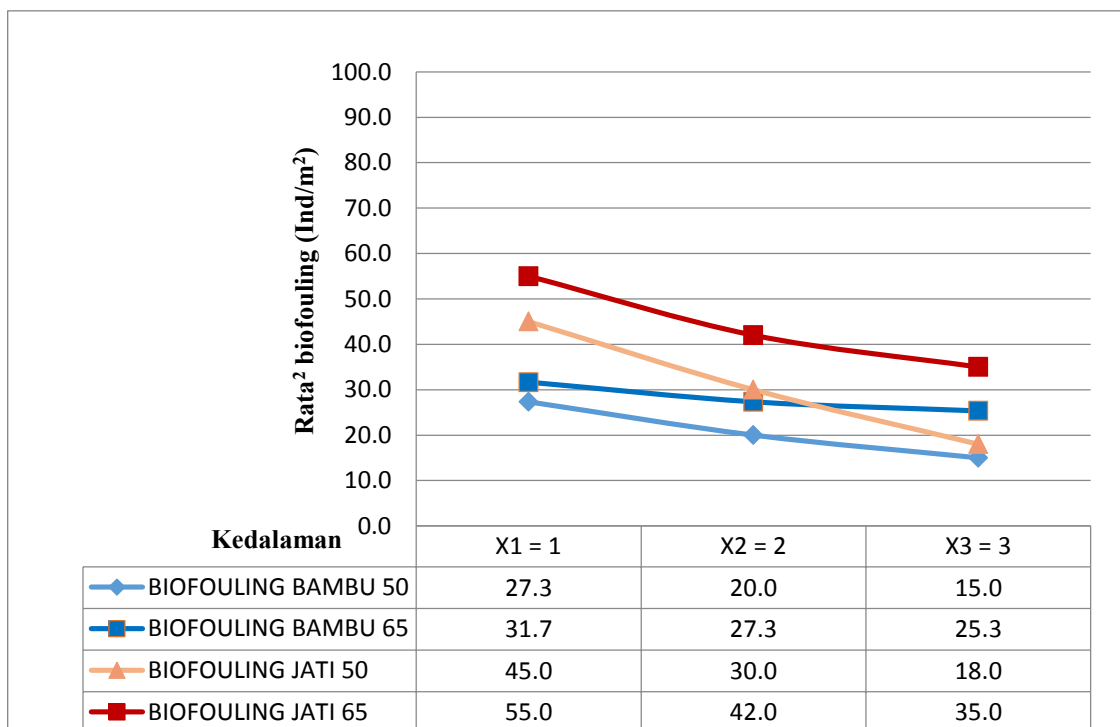
Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 7,862. Nilai ini lebih besar dari nilai F_{tabel} sebesar 3,68 sehingga H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan masing-masing kedalaman memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda.

Untuk mengetahui rata-rata (mean) jumlah *biofouling* pada kedalaman mana saja yang berbeda, dilakukan *Multiple Comparison Test* yaitu pengujian rata-rata dengan **Uji Tukey** (Lihat Lampiran). Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut:

- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 1 m dan 2 m tidak jauh berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,099 > α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 11,167. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 1 m dan faktor kedalaman 2 m tidak jauh berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.
- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 1 m dan 3 m berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,003 < α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 19,833. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 1 m dan faktor kedalaman 3 m berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.
- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 2 m dan 3 m tidak jauh berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,227 > α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 8,667. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 2 m dan faktor kedalaman 3 m tidak jauh berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.

5.3.3 Analisa Penempelan *Biofouling* Minggu Keenam

Analisa akan dilakukan dari hasil rekapitulasi pada setiap periode pengujian, dari hasil rekapitulasi tersebut faktor dari variasi kedalaman laut mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Hal ini terlihat grafik rata-rata penempelan *biofouling* pada minggu keenam dari hasil analisa, terlihat grafik penempelan *biofouling* menunjukkan tren yang semakin turun mengikuti interval kedalaman laut. Semua variasi jenis material menunjukkan suatu pengaruh positif ataupun negatif terhadap jumlah penempelan *biofouling* yang terjadi, hal ini dapat dilihat dari jumlah penempelan yang bervariasi pada masing-masing jenis material yang diujikan.



Gambar 5.9 Grafik hasil pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu keenam.

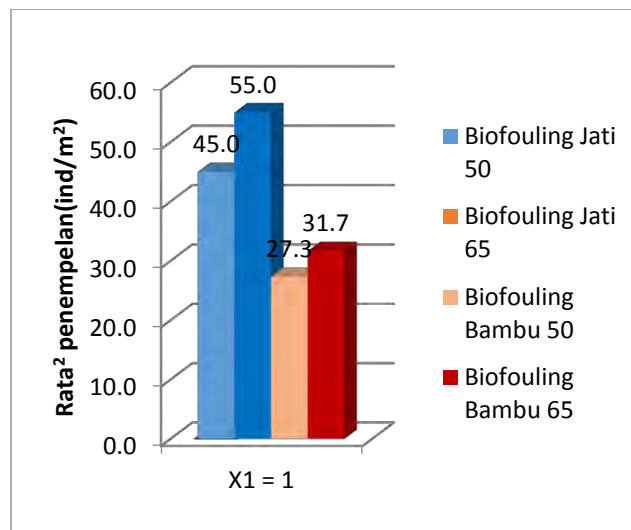
Grafik pada Gambar 5.9 merupakan hasil analisa yang telah dilakukan pada pengujian spesimen minggu keenam dan dimana pada grafik tersebut terdapat pula empat garis berwarna. Setiap garis tersebut merupakan perbedaan jenis material baik di ukuran dan bahan yang terdapat pada spesimen yang diujikan. Seluruh jumlah garis pada tabel dibawah ini sesuai dengan jumlah spesimen yang terdapat pada minggu keempat.

Terlihat dari grafik minggu keempat menunjukkan beberapa variasi tren nilai rata-rata penempelan *biofouling*. Grafik tersebut menunjukkan hasil analisa penghitungan yang dilakukan pada setiap spesimen pada minggu keempat. Adanya beberapa variasi tren nilai rata-rata *biofouling* tersebut lebih dikarenakan adanya pengaruh dari faktor kedalaman laut

yang diujikan pada spesimen itu sendiri. Hal tersebut dapat dijadikan suatu penyebab dimana pada setiap jenis material memiliki grafik nilai rata-rata *biofouling* yang cenderung stabil dan terus berlanjut. Sehingga besar laju tren grafik yang dimiliki oleh beberapa material uji tersebut berbeda dengan jenis material bahan pada spesimen lain

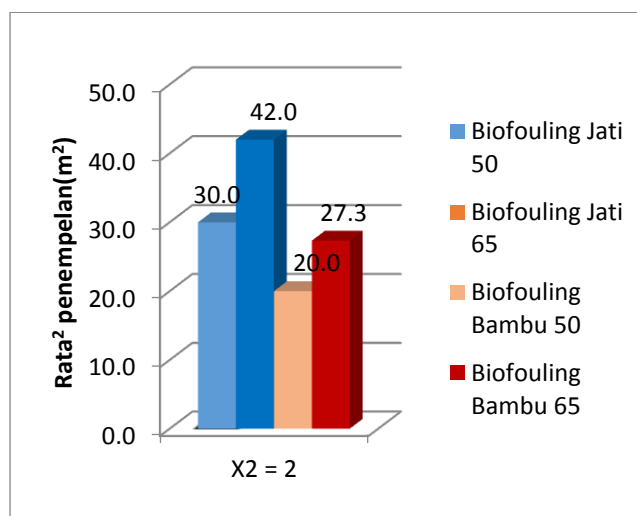
Dilihat dari nilai rata-rata penempelan *biofouling* yang menempel pada spesimen uji maka spesimen uji kayu jati sebagai nilai rata-rata penempelan yang tertinggi dan spesimen uji bambu laminasi sebagai nilai rata-rata penempelan terendah. Jika perbandingan masing-masing ukuran yang dilakukan terhadap setiap kedalaman laut, maka akan didapatkan grafik dibawah ini.

a. Grafik penempelan *biofouling* pada kedalaman 1 m



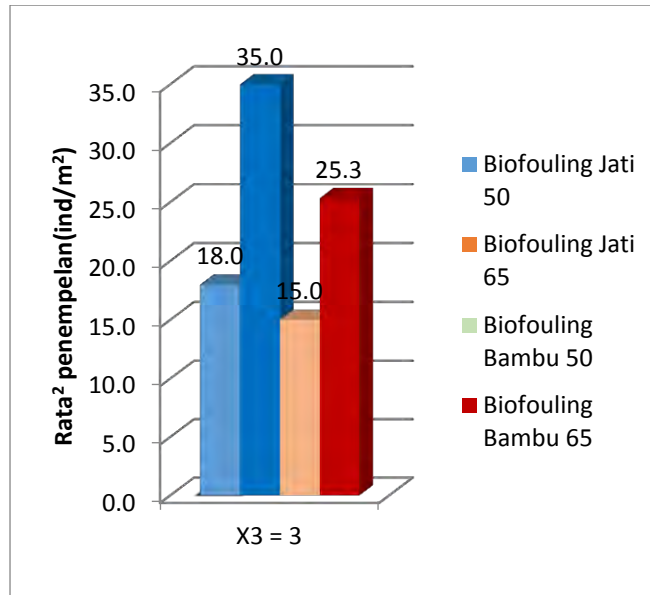
Gambar 5.10 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 1 m

b. Grafik penempelan *biofouling* pada kedalaman 2 m



Gambar 5.11 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 2 m

c. Grafik penempelan *biofouling* pada kedalaman 3 m



Gambar 5.12 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 3 m

Grafik pada Gambar 5.10 sampai dengan 5.12, terlihat bahwa jumlah penempelan *biofouling* yang terjadi terhadap material uji tidak terjadi perubahan posisi. Perbandingan masing-masing ukuran material uji dilakukan terhadap setiap kedalaman laut. Posisi yang tertinggi tetap ditempati material uji kayu jati dan posisi yang terendah dalam jumlah penempelan biomassa ditempati oleh material uji bambu laminasi.

Khusus untuk bambu laminasi, material tersebut memiliki konsistensi yang dapat dikatakan cukup tinggi dalam penempelan biomassa. Hal ini memungkinkan dapat terjadi karena material ini memiliki sifat toksis atau beracun pada organisme laut. Pembuatan material bambu ini diawetkan menggunakan boraks. Daya pengawet yang kuat dari boraks berasal dari kandungan asam borat didalamnya. Maka dari itu material uji tersebut bersifat racun terhadap biota laut yang akan tertempel pada material ini.

Namun sebaliknya terjadi untuk material uji yang dimiliki oleh kayu jati, pada umumnya lebih banyak tertempel *biofouling*. Hal ini memungkinkan kayu jati meskipun memiliki sifat fisik dan mekanis yang cukup tinggi, tetapi material uji ini tidak bersifat racun maka dari itu di dalam penempelan biomassa memiliki indikasi bahwa kayu jati lebih disukai mikroorganisme laut. Karena suatu *biofouling* akan tumbuh subur jika didalam daur hidup mereka banyak terdapat berbagai faktor yang dapat mendukung kelangsungan mereka.

Untuk mengetahui apakah perbedaan jenis material dan kedalaman laut mempengaruhi penempelan *biofouling* maka dilakukan analisa uji pengaruh jenis material dan perlakuan kedalaman.

5.3.3.1 Uji efek perlakuan untuk ukuran 0.5x0.03x0.03 m.

A. Uji efek perlakuan jenis material

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan jenis material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \tau_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah jenis material memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 5,510$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(1; 16; 0,05)} = 4,49$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 5,510. Nilai ini lebih kecil dari nilai F_{tabel} sebesar 4,49 sehingga H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa jenis material berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan jumlah *biofouling* pada material jati dan bambu berbeda.

B. Uji efek perlakuan kedalaman

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan kedalaman material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \beta_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah kedalaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 13,101$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(2; 15; 0,05)} = 3,68$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 13,101. Nilai ini lebih besar dari nilai F_{tabel} sebesar 3,68 sehingga H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan masing-masing kedalaman memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda.

Kemudian untuk mengetahui rata-rata (mean) jumlah *biofouling* pada kedalaman mana saja yang berbeda, dilakukan *Multiple Comparison Test* yaitu pengujian rata-rata dengan **Uji Tukey** (Lihat Lampiran). Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut:

- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 1 m dan 2 m berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,028 < α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 11,1667. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 1 m dan faktor kedalaman 2 m berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.
- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 1 m dan 3 m berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,000 < α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 19,667. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 1 m dan faktor kedalaman 3 m berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.
- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 2 m dan 3 m berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,103 > α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 8,5000. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 2 m dan

faktor kedalaman 3 m tidak jauh berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.

5.3.3.2 Uji efek perlakuan untuk ukuran 65x3x3 cm

A. Uji efek perlakuan jenis material

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan jenis material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \tau_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah jenis material memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 23,643$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(1; 16; 0,05)} = 4,49$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 23,643. Nilai ini lebih besar dari nilai F_{tabel} sebesar 4,49 sehingga H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa jenis material berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan jumlah *biofouling* pada material jati dan bambu berbeda.

B. Uji efek perlakuan kedalaman

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan kedalaman material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \beta_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah kedalaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

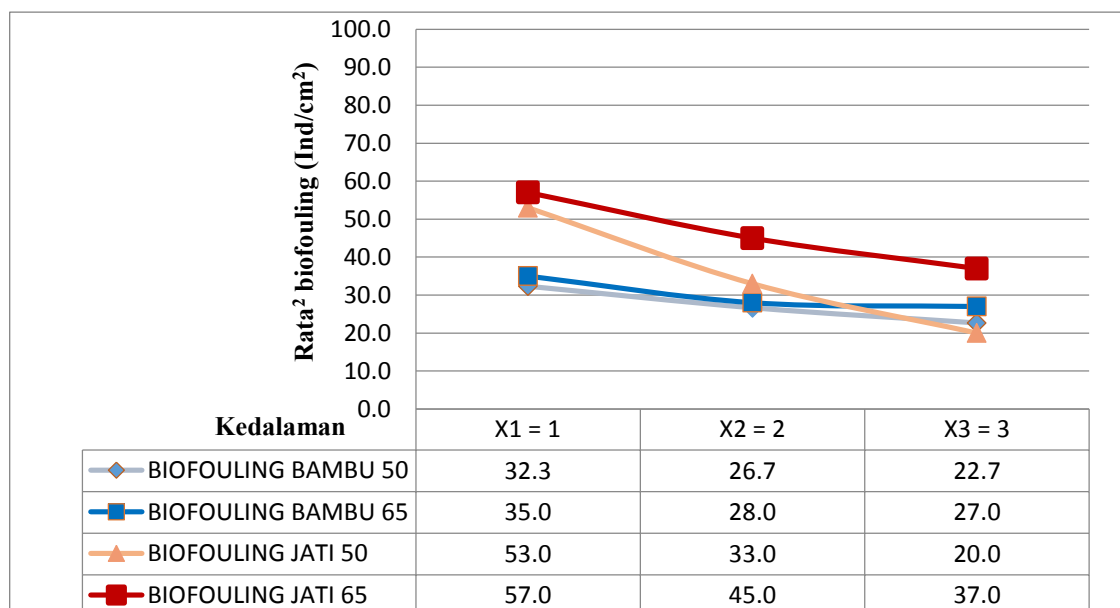
$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 7,862$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(2; 15; 0,05)} = 3,68$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 3,206. Nilai ini lebih kecil dari nilai F_{tabel} sebesar 3,68 sehingga gagal menolak H_0 . Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman tidak berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan masing-masing kedalaman memiliki jumlah *biofouling* yang tidak jauh berbeda.

5.3.4 Analisa Penempelan *Biofouling* Minggu Kedelapan

Analisa akan dilakukan dari hasil rekapitulasi pada setiap periode pengujian, dari hasil rekapitulasi tersebut faktor dari variasi kedalaman laut mempunyai dampak yang sangat kuat dalam jumlah penempelan *biofouling*. Hal ini terlihat grafik rata-rata penempelan *biofouling* pada minggu kedelapan dari hasil analisa, terlihat grafik penempelan *biofouling* menunjukkan tren yang semakin turun mengikuti interval kedalaman laut. Semua variasi jenis material menunjukkan suatu pengaruh positif ataupun negatif terhadap jumlah penempelan *biofouling* yang terjadi, hal ini dapat dilihat dari jumlah penempelan yang bervariasi pada masing-masing jenis material yang diujikan.



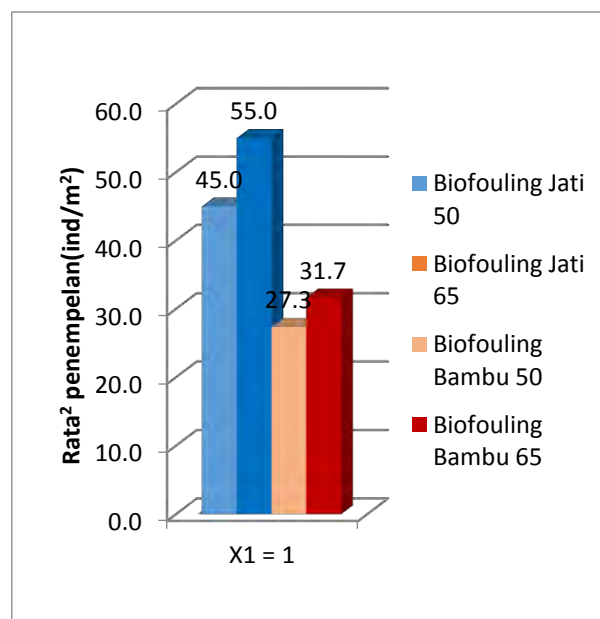
Gambar 5.13 Grafik hasil pengujian terhadap seluruh jenis material dengan variasi kedalaman minggu kedelapan.

Grafik pada Gambar 5.13 merupakan hasil analisa yang telah dilakukan pada pengujian spesimen minggu keenam dan dimana pada grafik tersebut terdapat pula empat garis berwarna. Setiap garis tersebut merupakan perbedaan jenis material baik di ukuran dan bahan yang terdapat pada spesimen yang diujikan. Seluruh jumlah garis pada tabel dibawah ini sesuai dengan jumlah spesimen yang terdapat pada minggu keempat.

Terlihat dari grafik minggu keempat menunjukkan beberapa variasi tren nilai rata-rata penempelan *biofouling*. Grafik tersebut menunjukkan hasil analisa penghitungan yang dilakukan pada setiap spesimen pada minggu keempat. Adanya beberapa variasi tren nilai rata-rata *biofouling* tersebut lebih dikarenakan adanya pengaruh dari faktor kedalaman laut yang diujikan pada spesimen itu sendiri. Hal tersebut dapat dijadikan suatu penyebab dimana pada setiap jenis material memiliki grafik nilai rata-rata *biofouling* yang cenderung stabil dan terus berlanjut. Sehingga besar laju tren grafik yang dimiliki oleh beberapa material uji tersebut berbeda dengan jenis material bahan pada spesimen lain

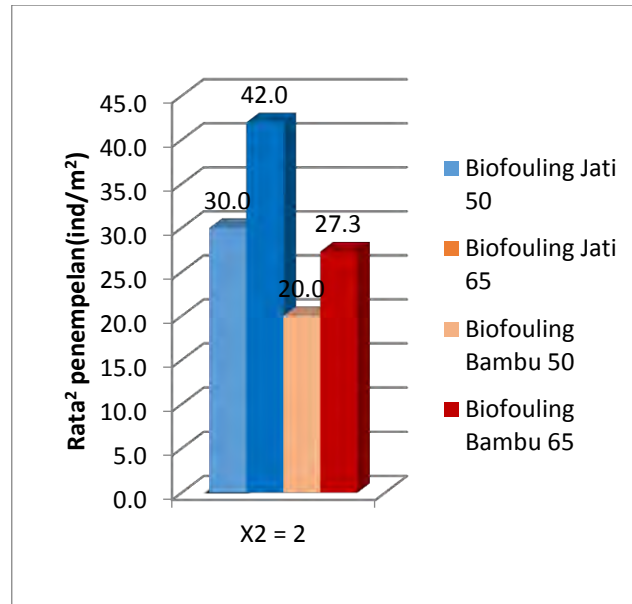
Dilihat dari nilai rata-rata penempelan *biofouling* yang menempel pada spesimen uji maka spesimen uji kayu jati sebagai nilai rata-rata penempelan yang tertinggi dan spesimen uji bambu laminasi sebagai nilai rata-rata penempelan terendah. Jika perbandingan masing-masing ukuran yang dilakukan terhadap setiap kedalaman laut, maka akan didapatkan grafik dibawah ini.

a. Grafik penempelan



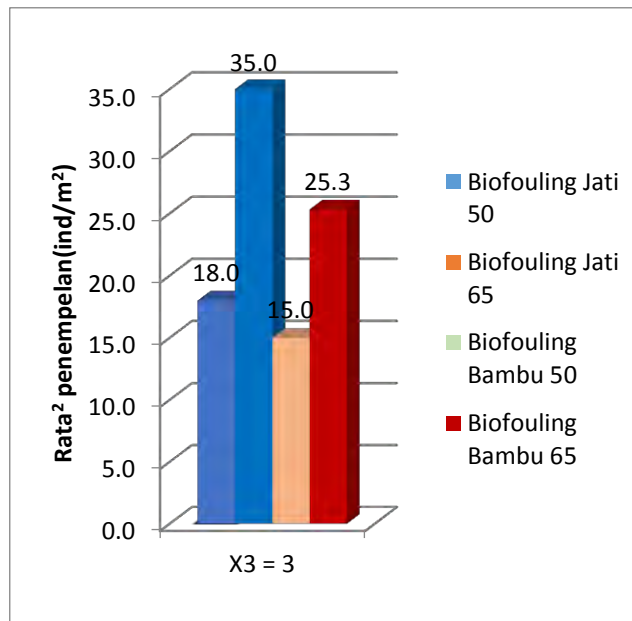
Gambar 5.14 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 1 m.

b. Grafik penempelan *biofouling* pada kedalaman 2 m



Gambar 5.15 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 2 m.

c. Grafik penempelan *biofouling* pada kedalaman 3 m



Gambar 5.16 Grafik Penempelan *Biofouling* Pada Kedalaman 3 m

Grafik pada Gambar 5.14 sampai dengan 5.16, terlihat bahwa jumlah penempelan *biofouling* yang terjadi terhadap material uji tidak terjadi perubahan posisi. Perbandingan masing-masing ukuran material uji dilakukan terhadap setiap kedalaman laut. Posisi yang tertinggi tetap ditempati material uji kayu jati dan posisi yang terendah dalam jumlah penempelan biomassa ditempati oleh material uji bambu laminasi.

Khusus untuk bambu laminasi, material tersebut memiliki konsistensi yang dapat dikatakan cukup tinggi dalam penempelan biomassa. Hal ini memungkinkan dapat terjadi karena material ini memiliki sifat toksis atau beracun pada organisme laut. Dimana pembuatan material bambu ini diawetkan menggunakan boraks. Daya pengawet yang kuat dari boraks berasal dari kandungan asam borat didalamnya. Maka dari itu material uji tersebut bersifat racun terhadap biota laut yang akan tertempel pada material ini.

Namun sebaliknya terjadi untuk material uji yang dimiliki oleh kayu jati, pada umumnya lebih banyak tertempel *biofouling*. Hal ini memungkinkan kayu jati meskipun memiliki sifat fisik dan mekanis yang cukup tinggi, tetapi material uji ini tidak bersifat racun maka dari itu di dalam penempelan biomassa memiliki indikasi bahwa kayu jati lebih disukai mikroorganisme laut. Karena suatu *biofouling* akan tumbuh subur jika didalam daur hidup mereka banyak terdapat berbagai faktor yang dapat mendukung kelangsungan mereka.

Untuk mengetahui apakah perbedaan jenis material dan kedalaman laut mempengaruhi penempelan *biofouling* maka dilakukan analisa uji pengaruh jenis material dan perlakuan kedalaman.

5.3.4.1 Uji efek perlakuan untuk ukuran 0.5x0.03x0.03 m

A. Uji efek perlakuan jenis material

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan jenis material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \tau_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah jenis material memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 2,606$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(1; 16; 0,05)} = 4,49$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 2,606. Nilai ini lebih kecil dari nilai F_{tabel} sebesar 4,49 sehingga gagal menolak H_0 . Dapat disimpulkan bahwa jenis material tidak berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan jumlah *biofouling* pada material jati dan bambu tidak jauh berbeda.

B. Uji efek perlakuan kedalaman

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan kedalaman material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \beta_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah kedalaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 14,230$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(2; 15; 0,05)} = 3,68$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 14,230. Nilai ini lebih besar dari nilai F_{tabel} sebesar 3,68 sehingga H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan masing-masing kedalaman memiliki jumlah *biofouling* yang berbeda.

Untuk mengetahui rata-rata (mean) jumlah *biofouling* pada kedalaman mana saja yang berbeda, dilakukan *Multiple Comparison Test* yaitu pengujian rata-rata dengan **Uji Tukey** (Lihat Lampiran). Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut:

- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 1 m dan 2 m berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,016 < α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 12,8333. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 1 m dan faktor kedalaman 2 m berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.
- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 1 m dan 3 m berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,000 < α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 21,3333. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 100 cm dan faktor kedalaman 300 cm berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.
- Berdasarkan hasil output SPSS (Bab Lampiran) diketahui bahwa rata-rata jumlah *biofouling* untuk kedalaman 2 m dan 3 m berbeda. Hal ini bisa dilihat dari nilai p_value (sig.) = 0,121 > α = 0,05 dengan perbedaan rata-rata sebesar 8,5000. Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman 2 m dan faktor kedalaman 3 m tidak jauh berbeda pengaruhnya terhadap penempelan *biofouling*.

5.3.4.2 Uji efek perlakuan untuk ukuran 0.65x0.03x0.03 m

A. Uji efek perlakuan jenis material

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan jenis material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$$

H_1 : Paling tidak ada satu $\tau_i \neq 0$ (Ada pengaruh perlakuan)

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah jenis material memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 26,169$$

$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(1; 16; 0,05)} = 4,49$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 26,169. Nilai ini lebih besar dari nilai F_{tabel} sebesar 4,49 sehingga H_0 ditolak. Dapat disimpulkan bahwa jenis material berpengaruh terhadap penempelan biofouling atau bisa dikatakan jumlah biofouling pada material jati dan bambu berbeda.

B. Uji efek perlakuan kedalaman

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan kedalaman material terhadap penempelan *biofouling* maka dilakukan pengujian statistik terhadap data yang telah diperoleh dari hasil pengamatan. Pengujian ini dilakukan dengan metode Anova satu arah menggunakan program SPSS dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_1 : \text{Paling tidak ada satu } \beta_i \neq 0 \text{ (Ada pengaruh perlakuan)}$$

$$\alpha = 5\%$$

Setelah hipotesa pengujian ditetapkan, selanjutnya dilakukan uji-F untuk mengetahui apakah kedalaman memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penempelan *biofouling*.

Statistik uji:

$$F_{hit} = \frac{MS_{perlakuan}}{MS_{error}} = 3,479$$

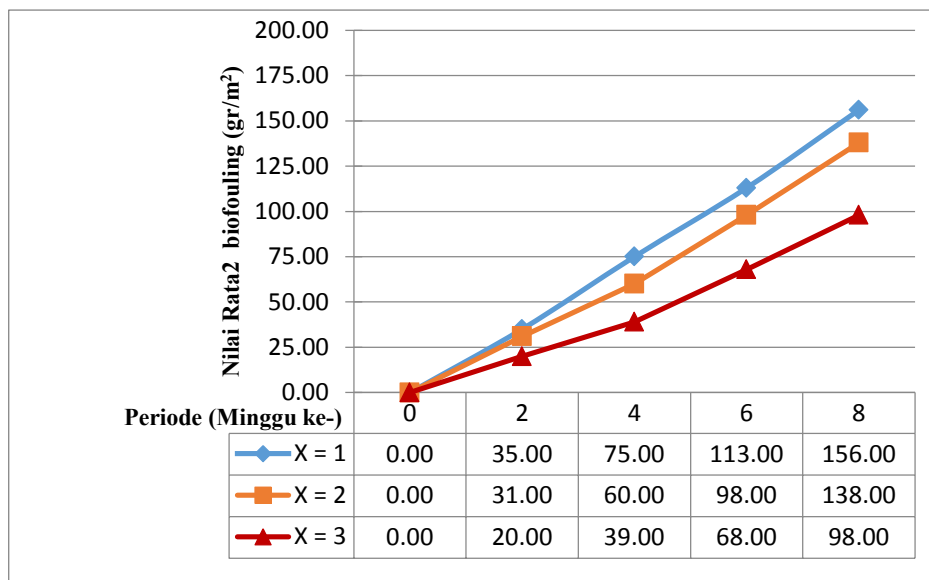
$$F_{tabel} = F_{(k-1; N-k; \alpha)} = F_{(2; 15; 0,05)} = 3,68$$

Hasil uji-F didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 3,479. Nilai ini lebih kecil dari nilai F_{tabel} sebesar 3,68 sehingga gagal menolak H_0 . Dapat disimpulkan bahwa faktor kedalaman tidak berpengaruh terhadap penempelan *biofouling* atau bisa dikatakan masing-masing kedalaman memiliki jumlah *biofouling* yang tidak jauh berbeda.

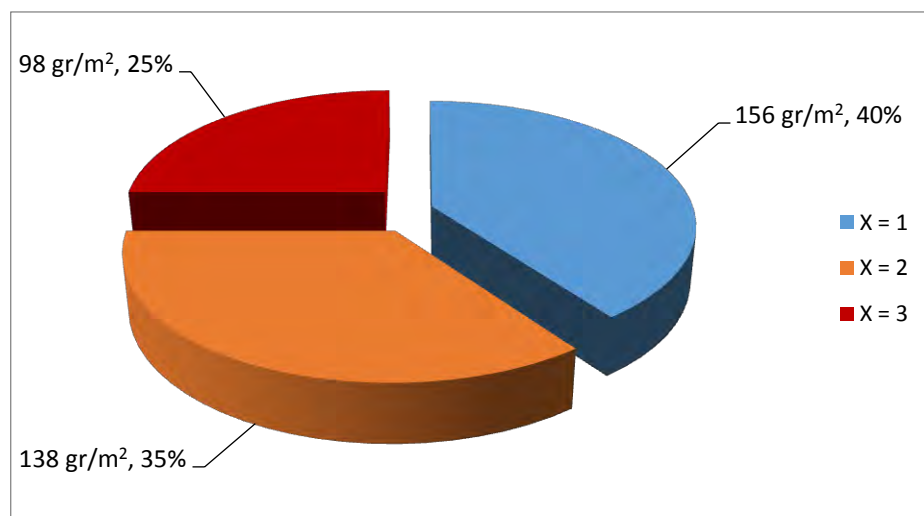
5.4 Analisa Biomassa *Biofouling*

5.4.1 Analisa Biomassa *Biofouling* berukuran 0.50x0.03x0.03 m

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa biomassa *biofouling* dilakukan untuk masing-masing material uji dengan 3 macam variasi kedalaman laut yang di ujikan (kedalaman 1, 2, dan 3 m). Maka didapatkan rekapitulasi akhir biomassa *biofouling* dari hasil analisa mingguan, rekapitulasi hasil analisa biomassa *biofouling* untuk masing-masing kedalaman. Setelah proses pengumpulan data telah dilakukan maka proses selanjutnya adalah proses rekapitulasi hasil datanya. Proses rekapitulasi tersebut dapat dikatakan dalam suatu proses analisa berikutnya.

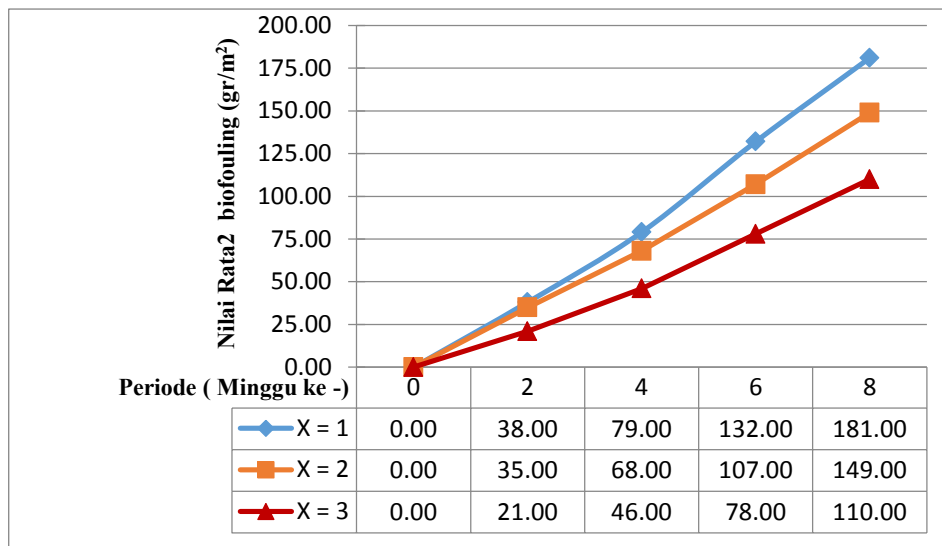


Gambar 5.17 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi.

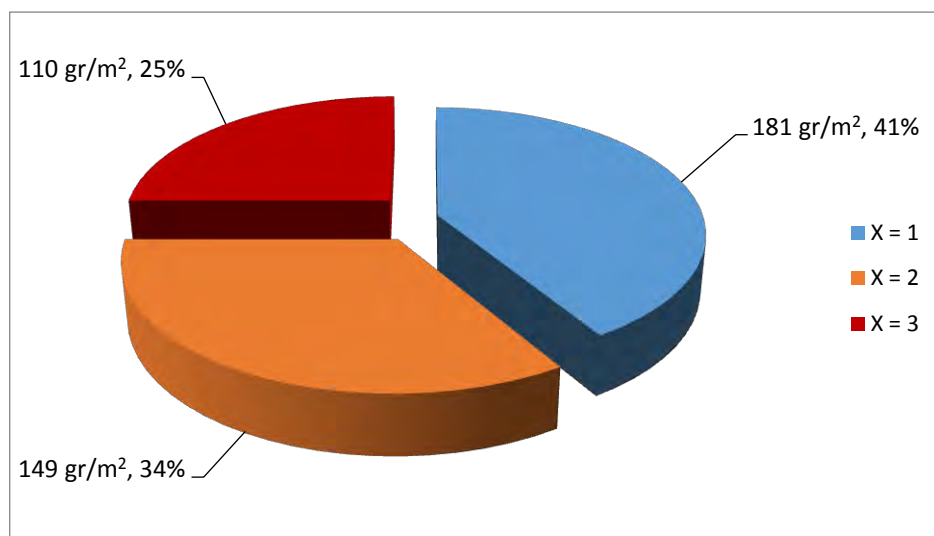


Gambar 5.18 Grafik presentase rekapitulasi biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi pada minggu kedelapan.

Grafik pada Gambar 5.18 merupakan diagram presentase untuk masing-masing kedalaman pada minggu kedelapan. Grafik tersebut dapat dilihat warna biru begitu dominan memimpin rata-rata biomassa *biofouling* tertinggi dengan biomassa rata-rata 156 gr/m² dengan presentase sebesar 40% dari keseluruhan biomassa material uji dengan kedalaman 1 m. Hal ini sesuai dengan jumlah total *biofouling* secara keseluruhan dimana warna biru juga merupakan kedalaman yang jumlah penempelan *biofouling* terbanyak. Sedangkan rata-rata biomassa *biofouling* untuk warna orange adalah 138 gr/m² menempati posisi tertinggi kedua dengan presentase yaitu sebesar 35% diikuti dengan material uji dengan kedalaman 2 m. sedangkan untuk jumlah penempelan terendah ditempati oleh kedalaman 3 m dengan biomassa sebesar 98 gr/m² dengan presentase sebesar 25%.



Gambar 5.19 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati.

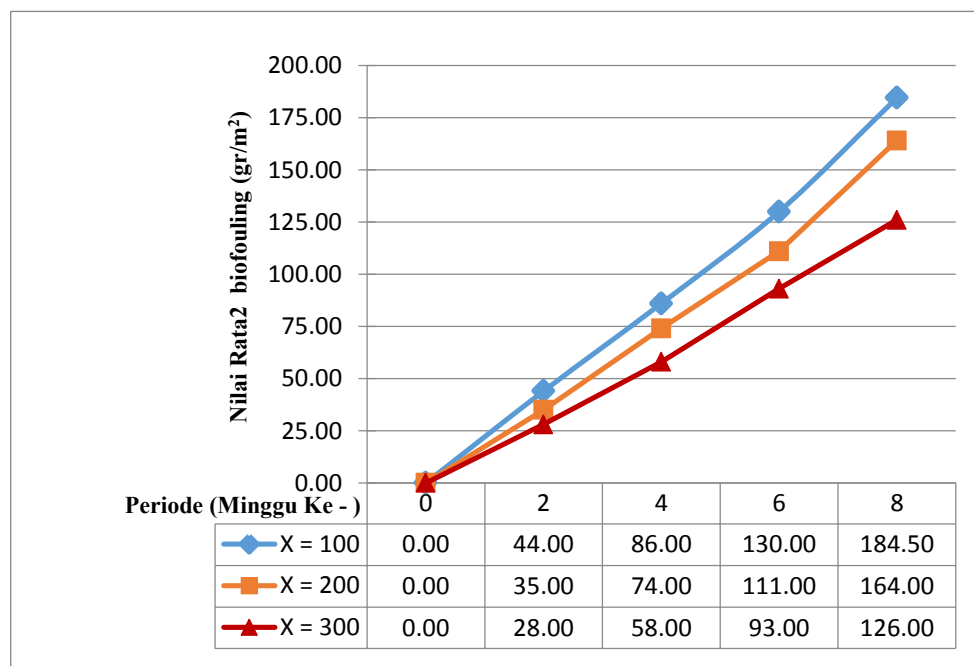


Gambar 5.20 Grafik presentase rekapitulasi biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati pada minggu kedelapan.

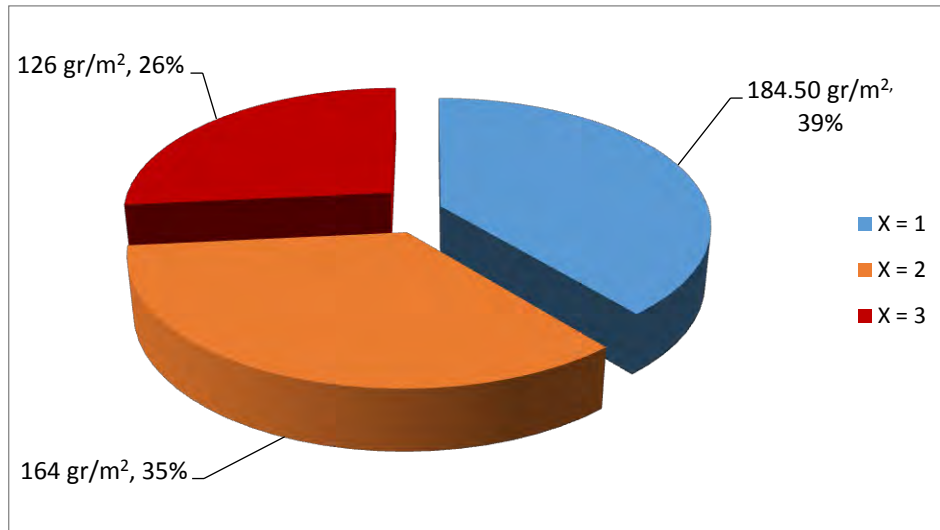
Grafik pada Gambar 5.20 merupakan diagram presentase untuk masing-masing kedalaman pada minggu kedelapan. Grafik tersebut dapat dilihat warna biru begitu dominan memimpin rata-rata biomassa *biofouling* tertinggi dengan biomassa rata-rata 181 gr/m² dengan presentase sebesar 41% dari keseluruhan biomassa material uji dengan kedalaman 1 m. Hal ini sesuai dengan jumlah total *biofouling* secara keseluruhan dimana warna biru juga merupakan kedalaman yang jumlah penempelan *biofouling* terbanyak. Sedangkan rata-rata biomassa *biofouling* untuk warna orange adalah 149 gr/m² menempati posisi tertinggi kedua dengan presentase yaitu sebesar 34% diikuti dengan material uji dengan kedalaman 2 m. sedangkan untuk jumlah penempelan terendah ditempati oleh kedalaman 3 m dengan biomassa sebesar 110 gr/m² dengan presentase sebesar 25%.

5.4.2 Analisa Biomassa *Biofouling* berukuran 0.65x0.03x0.03 m

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa biomassa *biofouling* dilakukan untuk masing-masing material uji dengan 3 macam variasi kedalaman laut yang di ujikan (kedalaman 1, 2, dan 3 m). Maka didapatkan rekapitulasi akhir biomassa *biofouling* dari hasil analisa mingguan, rekapitulasi hasil analisa biomassa *biofouling* untuk masing-masing kedalaman. Setelah proses pengumpulan data telah dilakukan maka proses selanjutnya adalah proses rekapitulasi hasil datanya. Proses rekapitulasi tersebut dapat dikatakan dalam suatu proses analisa berikutnya.

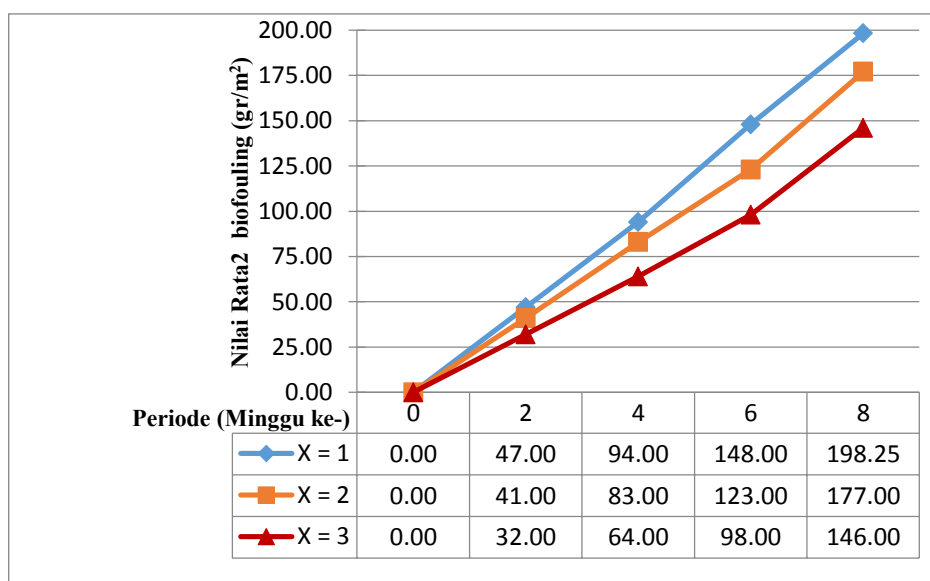


Gambar 5.21 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi.

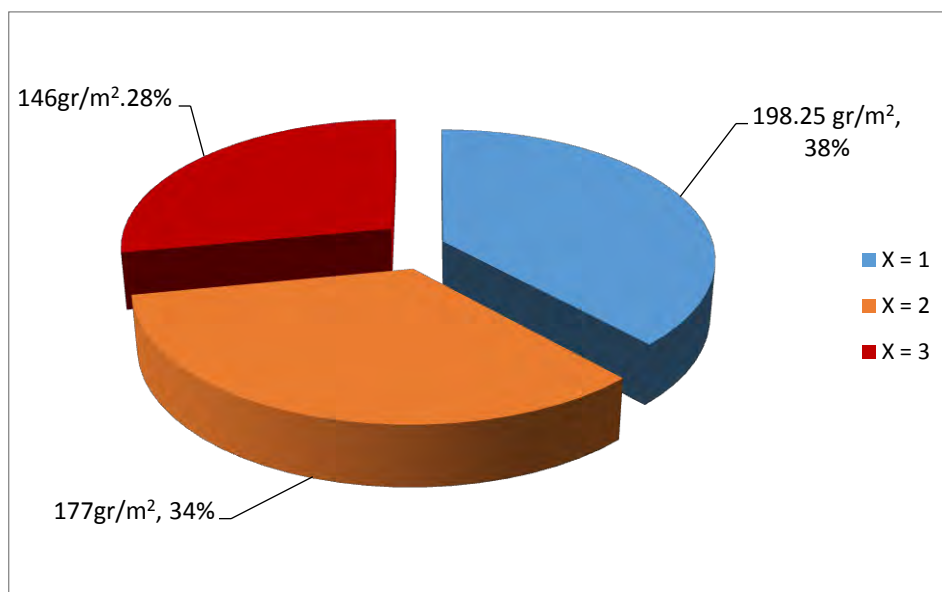


Gambar 5 22 Grafik presentase total biomassa *biofouling* untuk material uji bambu laminasi pada minggu kedelapan.

Grafik pada Gambar 5.22 merupakan diagram presentase untuk masing-masing kedalaman pada minggu kedelapan. Grafik tersebut dapat dilihat warna biru begitu dominan memimpin rata-rata biomassa *biofouling* tertinggi dengan biomassa rata-rata 184.50 gr/m² dengan presentase sebesar 39% dari keseluruhan biomassa material uji dengan kedalaman 1 m. Hal ini sesuai dengan jumlah total *biofouling* secara keseluruhan dimana warna biru juga merupakan kedalaman yang jumlah penempelan *biofouling* terbanyak. Sedangkan rata-rata biomassa *biofouling* untuk warna orange adalah 164 gr/m² menempati posisi tertinggi kedua dengan presentase yaitu sebesar 35% diikuti dengan material uji dengan kedalaman 2 m. sedangkan untuk jumlah penempelan terendah ditempati oleh kedalaman 3 m dengan biomassa sebesar 126 gr/m² dengan presentase sebesar 26%.



Gambar 5.23 Grafik rekapitulasi perhitungan biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati.



Gambar 5.24 Grafik presentase total biomassa *biofouling* untuk material uji kayu jati minggu kedelapan.

Grafik pada Gambar 5.24 merupakan diagram presentase untuk masing-masing kedalaman pada minggu kedelapan. Grafik tersebut dapat dilihat warna biru begitu dominan memimpin rata-rata biomassa *biofouling* tertinggi dengan biomassa rata-rata 198.25 gr/m² dengan presentase sebesar 38% dari keseluruhan biomassa material uji dengan kedalaman 1 m. Hal ini sesuai dengan jumlah total *biofouling* secara keseluruhan dimana warna biru juga merupakan kedalaman yang jumlah penempelan *biofouling* terbanyak. Sedangkan rata-rata biomassa *biofouling* untuk warna orange adalah 177 gr/m² menempati posisi tertinggi kedua dengan presentase yaitu sebesar 34% diikuti dengan material uji dengan kedalaman 2 m. sedangkan untuk jumlah penempelan terendah ditempati oleh kedalaman 3 m dengan biomassa sebesar 146 gr/m² dengan presentase sebesar 28%.

5.5 Analisa Ekonomis

Analisa perhitungan ekonomis pada penelitian ini adalah perhitungan kebutuhan bahan bakar pada saat kapal dengan kondisi awal sebelum terjadinya penempelan *biofouling* dibandingkan dengan setelah terjadi penempelan *biofouling* dengan variasi penempelan dengan material bambu laminasi dan kayu jati. Analisa ini akan di aplikasikan untuk kapal ikan 30 GT.

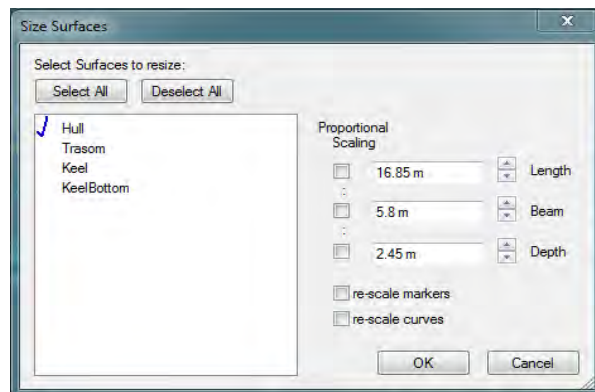
5.5.1 Pemodelan *Maxsurf*

Tahap ini akan melakukan pemodelan kapal ikan 30GT, dengan ukuran utama kapal, sebagai berikut:

Ukuran utama kapal:

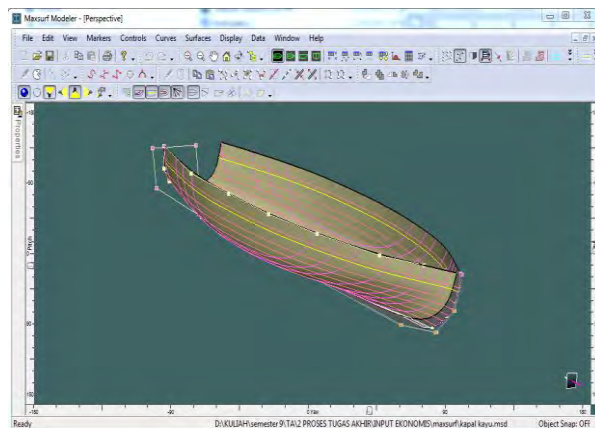
- $Loa = 16.85 \text{ m}$
- $B = 5.80 \text{ m}$
- $H = 2.45 \text{ m}$
- $T = 1.88 \text{ m}$
- $V_s = 8 \text{ Knots}$

Proses desain *interface* atau tampilan dari suatu perangkat lunak merupakan hal yang penting agar diperoleh perangkat lunak yang menarik dan mudah dipahami *user*, sehingga diperlukan desain yang sederhana dan menggunakan bahasa yang sederhana dan menggunakan bahasa yang sederhana agar istilah-istilah yang digunakan pada *software* mudah dipahami dalam penggunaannya. Pada tahap pemodelan ini menggunakan *software maxsurf modeler* versi 20. Berikut adalah tahapan pemodelan:



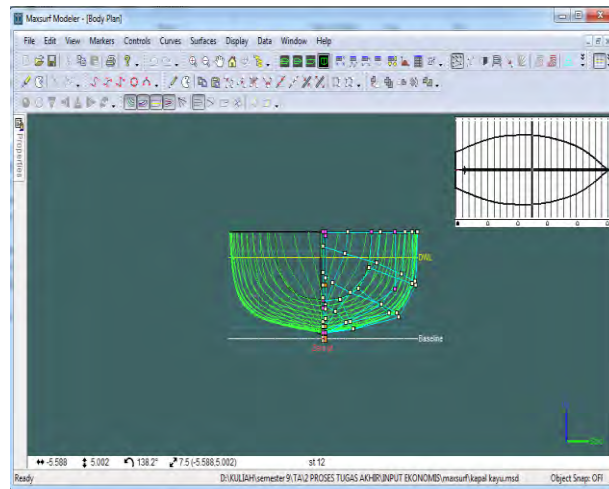
Gambar 5.25 *Interface input software*

Gambar 5.25 merupakan input data dalam *software* ini adalah ukuran utama. Dan berikut adalah hasil output berdasarkan ukuran utama diatas.



Gambar 5.26 *Interface output dimensi software*

Gambar 5.26 menunjukkan hasil dari output visualisasi dari data input ukuran utama kapal ikan.



Gambar 5.27 *Body plan* kapal ikan

Gambar 5.27 menunjukkan hasil *body plan* dari pemodelan kapal ikan 30 GT, dari data tersebut selanjutnya diperoleh data *hydrostatics at DWL* terlihat pada Gambar 5.28.

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	92.15	t
2	Volume (displaced)	89.900	m ³
3	Draft Amidships	1.870	m
4	Immersed depth	1.870	m
5	WL Length	17.112	m
6	Beam max extents o	5.714	m
7	Wetted Area	111.192	m ²
8	Max sect. area	8.111	m ²
9	Waterpl. Area	73.368	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.648	
11	Block coeff. (Cb)	0.492	
12	Max Sect. area coeff	0.772	
13	Waterpl. area coeff.	0.750	
14	LCB length	7.585	from z
15	LCF length	7.690	from z
16	LCB %	44.324	from z
17	LCF %	44.939	from z
18	KB	1.191	m
19	KG fluid	0.000	m
20	BMT	1.648	m
21	BML	13.930	m
22	GMt corrected	2.836	m
23	GML	15.120	m
24	KMt	2.836	m
25	KML	15.120	m
26	Immersion (TPc)	0.752	tonne/c
27	MTc	0.814	tonne
28	RM at 1 deg = GMt/Di	4.561	tonne
Density (water) 1.025 tonne/m ³			
Std. densities 1.025 tonne/m ³ - Std. Metric sea water (1025.0 kg/m ³)			
VCG 0 m			
Recalculate			
Select Rows ...			
Close			

Gambar 5.28 *hydrostatics at DWL* kapal ikan

5.5.2 Hambatan Kapal

Pada tahap analisa ini menggunakan data penempelan *biofouling* dalam periode selama 1 tahun, hasil penambahan tersebut didapatkan dari akumulasi penambahan hasil yang diujikan dalam jangka 8 minggu sebelumnya sampai mencapai 1 tahun. Didapatkan hasil nilai akumulasi penempelan *biofouling* tersebut, sebagai berikut:

Tabel 5.1 Penambahan berat *biofouling* dalam variasi periode 1 tahun.

Periode (Minggu Ke-)	Berat (ton/m ²)			
	Bambu		Kayu Jati	
	Bambu 50	Bambu 65	Jati 50	Jati 65
2	0.25	0.32	0.27	0.35
4	0.51	0.64	0.55	0.71
6	0.79	0.97	0.90	1.09
8	1.09	1.40	1.24	1.50
10	1.34	1.71	1.51	1.86
12	1.60	2.04	1.79	2.21
14	1.88	2.36	2.15	2.59
16	2.18	2.79	2.49	3.01
18	2.43	3.11	2.76	3.36
20	2.70	3.43	3.04	3.72
22	2.97	3.76	3.39	4.09
24	3.28	4.19	3.73	4.51
26	3.52	4.51	4.00	4.86
28	3.79	4.83	4.28	5.22
30	4.06	5.15	4.64	5.60
32	4.37	5.58	4.98	6.01
34	4.61	5.90	5.25	6.37
36	4.88	6.23	5.53	6.72
38	5.15	6.55	5.88	7.10
40	5.46	6.98	6.22	7.52
42	5.70	7.30	6.49	7.87
44	5.97	7.62	6.77	8.23
46	6.25	7.95	7.13	8.60
48	6.55	8.38	7.47	9.02
50	6.80	8.69	7.74	9.37
52	7.06	9.02	8.02	9.73

Tabel 5.1 ini menampilkan penambahan berat *biofouling* dalam variasi periode pertumbuhan *biofouling* selama hitungan 1 tahun. Data penambahan *biofouling* yang digunakan untuk pada minggu kedelapan dengan jangka penambahan 1 tahun.

Hambatan dari penambahan berat tersebut di modelkan dengan *maxsurf* desain awal pemodelan tersebut. Didapatkan data berikut untuk setiap material bambu dan jati.

Tabel 5.2 Perubahan akibat penambahan *biofouling*

Penambahan Berat	Awal	Bambu	Jati
Draft Amidships m	1.87	1.99	2
Displacement t	92.1	101.12	101.83
Heel deg	0	0	0
Draft at FP m	1.87	1.99	2
Draft at AP m	1.87	1.99	2
Draft at LCF m	1.87	1.99	2
Trim (+ve by stern) m	0	0	0
WL Length m	17.112	17.142	17.144
Beam max extents on WL m	5.713	5.737	5.739
Wetted Area m ²	108.495	113.04	113.418
Waterpl. Area m ²	73.335	74.084	74.14
Prismatic coeff. (Cp)	0.648	0.655	0.655
Block coeff. (Cb)	0.492	0.504	0.505
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.773	0.783	0.784
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.75	0.753	0.754
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.585	7.596	7.597
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7.69	7.718	7.72
KB m	1.191	1.257	1.262
KG m	1.87	1.87	1.87
BMt m	1.646	1.53	1.521
BML m	13.933	12.931	12.853
GMt m	0.966	0.917	0.913
GML m	13.254	12.318	12.246
KMt m	2.836	2.787	2.783
KML m	15.124	14.188	14.116
Immersion (TPc) tonne/cm	0.752	0.759	0.76
MTc tonne.m	0.713	0.728	0.729
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.553	1.619	1.625
Max deck inclination deg	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0

Tabel 5.2 merupakan nilai perubahan yang didapatkan dari pengaruh penempelan *biofouling*. Perubahan nilai tersebut di analisa perhitungan hambatan menggunakan metode holtrop seperti yang dijelaskan di lampiran (*perhitungan hambatan*). Analisa tersebut didapatkan nilai hambatan awal sebelum penempelan *biofouling* sejumlah 7.87 KN. Dampak dari penempelan *biofouling* pada material bambu laminasi sejumlah 8.16 KN dan untuk dampak dari penempelan *biofouling* pada material kayu jati sejumlah 8.18 KN.

5.5.3 Analisa Biaya Ekonomis Kapal 30 GT

Analisa selanjutnya menganalisa biaya ekonomis kebutuhan bahan bakar, pelumas, dan air tawar. Data-data perhitungan hambatan mulai dari pada saat kondisi awal kapal sampai dengan perbandingan berat penempelan yang terjadi pada jangka waktu 1 tahun terhadap variasi material uji yang berbeda, didapatkan berat bahan bakar, minyak pelumas, dan tangki air tawar yang berbeda, berikut adalah rekap kebutuhan kapal ikan 30 GT sebagai berikut:

Tabel 5.3 Rekap berat komponen Wt

Rekap Berat		Berat (Ton)		
No.	Item	Awal	Bambu laminasi	Kayu jati
1	Tangki Bahan Bakar (wfo)	3.97	4.11	4.13
2	Tangki Minyak Pelumas	0.0551	0.0571	0.0573
3	Tangki Air Tawar	3.0346	3.0378	3.0381
Total		7.06	7.21	7.22

Tabel 5.3 menunjukkan terjadinya perubahan kebutuhan bahan bakar sejumlah 4.11 ton, minyak pelumas 0.0571 ton dan air tawar 3.0378 ton akibat dari perbandingan penempelan yang terjadi pada material uji bambu sedangkan pada material uji kayu jati terjadi perubahan bahan bakar sejumlah 4.13 ton, minyak pelumas 0.0573 ton dan air tawar 3.0381 ton.

Tabel 5.4 Rekap berat komponen LWT

Rekap Berat		Berat (Ton)	
No.	Item	Bambu laminasi	Kayu jati
1	Berat badan kapal	9.47	11.00
2	Berat peralatan kapal	3.60	3.60
3	Berat mesin penggerak	0.75	0.75
Total		13.82	15.35

Tabel 5.4 menunjukkan berat komponen lwt kapal 30 GT dengan variasi material bambu laminasi seberat 13.82 ton sedangkan untuk kayu jati seberat 15.35 ton. Perbedaan berat komponen lwt ini diakibatkan dari berat badan kapal yang dipengaruhi dari berat jenis dari setiap bahan material uji.

Tabel 5.5 Rekap berat *displacement*, *lwt*, *dwt*, dan *payload*

Komponen Berat	Berat (Ton)			
	Awal	Bambu	Awal	Kayu Jati
Displacement	92.10	101.12	92.10	101.83
LWT	13.82	13.82	15.35	15.35
DWT	78.28	87.30	76.75	86.48
Payload	71.23	71.08	69.69	69.53

Tabel 5.5 menunjukkan perubahan *displacement* yang signifikan akibat biomassa yang tertempel sebesar 101.12 ton yang diakibatkan oleh penempelan di material uji bambu sedangkan di material uji kayu sebesar 101.83 ton. Nilai *displacement* tersebut didapatkan dari pemodelan *maxsurf* guna untuk mendapatkan hasil estimasi akibat penambahan biomassa tertempel tersebut.

Penempelan biomassa tersebut juga mengakibatkan nilai perubahan *DWT* yang bertambah besar, berimplikasinya pada *payload* mengalami penurunan jumlah muatan dalam perencanaan kapal ikan 30 GT sejumlah 71.08 ton bermaterial bambu laminasi dan 69.53 ton bermaterial kayu jati.

Data kebutuhan berat bahan bakar, minyak pelumas dan air tawar dapat dihitung perbandingan harga kebutuhan untuk item-item tersebut, berikut adalah tabel harga kebutuhannya:

Tabel 5.6 Harga perbandingan kebutuhan bahan bakar, minyak pelumas dan air tawar

Rekap Berat		Awal		Material Bahan			
				Bambu		Kayu Jati	
No.	Item	liter	Harga	liter	Harga	liter	Harga
1	Tangki Bahan Bakar (wfo)	3968.35	Rp27,381,602.61	4113.79	Rp28,385,144.94	4125.02	Rp28,462,605.83
2	Tangki Minyak Pelumas	55.1159	Rp468,485.55	57.14	Rp 485,655.66	57.29	Rp486,980.98
3	Tangki Air Tawar	3034.6141	Rp17,904.22	3037.85	Rp17,923.29	3038.10	Rp17,924.76
Harga Total			Rp27,867,992.39		Rp28,888,723.90		Rp28,967,511.57

Tabel 5.6 merupakan tabel harga perbandingan kebutuhan bahan bakar, minyak pelumas dan air tawar, dihitung dimulai dari kebutuhan yang bermaterial bambu sampai kayu jati. Harga bahan bakar kapal ikan ini menggunakan solar bersubsidi dengan harga Rp. 6.900 per liter dan harga minyak pelumas berkualitas baik Rp. 8.500 per liter. Harga penambahan kebutuhan akibat penempelan *biofouling* pada bambu laminasi seharga Rp. 28.888.723.90 sedangkan untuk kebutuhan akibat penempelan *biofouling* pada kayu jati seharga Rp. 28.967.511,57.

Secara ekonomisnya penempelan *biofouling* pada bambu laminasi memiliki dampak nilai yang lebih ekonomis dibandingkan dampak penempelan *biofouling* kayu jati dengan

selisih penambahan jumlah harga kebutuhan total terhadap harga total awal sejumlah Rp1.020.731,51 dan sedangkan dampak yang diakibatkan pada penempelan *biofouling* di material kayu jati penambahan jumlah harga total terhadap harga total awal sejumlah Rp 1.099.519,19.

Analisa selanjutnya untuk mendapatkan nilai biaya operasional dengan periode selanjutnya digunakan metode perhitungan seperti terlihat pada lampiran perhitungan biaya operasional per periode. Perhitungan tersebut didapatkan hasil seperti Tabel 5.7 dibawah ini.

Tabel 5.7 Harga kebutuhan biaya operasional setiap periode untuk kapal bermaterial yang berbeda

Periode (Tahun)	BIAYA OPERASIONAL KAPAL		SELISIH HARGA (2-1)
	MATERIAL BAMBU LAMINASI (1)	MATERIAL KAYU JATI (2)	
1	Rp 28,888,724	Rp 28,967,512	Rp 78,788
3	Rp 57,777,448	Rp 57,935,023	Rp 157,575
5	Rp 115,554,896	Rp 115,870,046	Rp 315,151
7	Rp 173,332,343	Rp 173,805,069	Rp 472,726
10	Rp 259,998,515	Rp 260,707,604	Rp 709,089

Tabel 5.7 merupakan tabel biaya kebutuhan setiap periode untuk kapal 30 GT bermaterial yang berbeda. Selisih harga perbandingan signifikan bertambah untuk setiap periodenya. Harga yang terjadi pada tahun ke 10 memberikan harga yang lebih ekonomis akibat penempelan *biofouling* pada material bambu laminasi dengan perbandingan material kayu jati selisih harga Rp. 709.089,-.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dijabarkan secara terperinci dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju pertumbuhan *biofouling* setiap pada material uji sangat bervariasi dan cenderung teratur terhadap penambahan berat perminggunya dengan sarat kedalaman interval 1 m dan terdalamnya 3 m. Hal ini dijelaskan dalam grafik yang didapatkan dari tiap material uji memiliki nilai validitas R^2 pada regresi linear nya selalu mendekati 1.
2. Pengaruh kedalaman air laut dari hasil uji ini dapat disimpulkan kedalaman sangat berpengaruh dalam penempelan *biofouling*. Semakin tinggi tingkat kedalaman diduga arus gelombang laut semakin besar. Itu yang membuat semakin sedikit pula penempelan *biofouling* yang menempel pada material uji. Hasil ini diperkuat dengan hasil signifikan analisa uji efek kedalaman dari analisa SPSS “one way anova” menunjukkan laju pertumbuhan *biofouling* akibat faktor kedalaman di periode kedelapan yang sangat berpengaruh, dimana hasil $F_{hitung} 3.479 < F_{tabel} 3.68$ menunjukkan gagal menolak H_0 (H_0 = tidak ada pengaruhnya).
3. Pemilihan bahan dasar kapal (material pembuatan kapal dengan hasil penelitian). Nilai rekapitulasi terendah pada sarat kedalaman 3 m dari hasil yang diperoleh selama 8 minggu pengujian bahwa bambu laminasi yang paling minimum daripada penempelan yang terjadi di material kayu jati. Diduga penggunaan laminasi pada bambu berpengaruh pada pertumbuhan penempelan *biofouling* tersebut. Terbukti dari hasil uji periode kedelapan pengujian terakhir nilai rekapitulasi terbesar dimiliki oleh material jati sejumlah 57 ind/m^2 dan nilai terendah dimiliki oleh bambu laminasi sejumlah 35 ind/m^2 .
4. Dapat diketahui, pengaruhnya biomassa setiap material yang diujikan selama periode 1 tahun dari hasil perancangan umum kapal ikan 30 GT. Berpengaruh terhadap nilai *DWT* yang semakin meningkat dan *Payload* yang menurun sejumlah 71.08 ton untuk kapal ikan bermaterial bambu laminasi dan 69.53 ton untuk kapal ikan bermaterial bermaterial kayu jati selisih presentase 0.02%. Dari penambahan nilai W_t tersebut didapatkan kebutuhan nilai ekonomis seperti kebutuhan bahan bakar, minyak pelumas, dan kebutuhan air tawar. Secara ekonomisnya penempelan *biofouling* pada

bambu laminasi memiliki dampak nilai yang lebih ekonomis dibandingkan dampak penempelan *biofouling* kayu jati. Dengan biaya operasional terendah yang diakibatkan penempelan *biofouling* didapatkan oleh kapal bermaterial bambu laminasi dengan harga Rp 28,888,723.90 sedangkan termahal kayu jati seharga Rp 28,967,511.57

Dari seluruh analisa yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa setiap material yang diujikan memiliki tingkat penempelan *biofouling* yang berbeda-beda. Dengan demikian, diharapkan tugas akhir ini menjadi solusi pemilihan bahan material yang sesuai dengan kriteria kapal kayu dan efektif bagi praktisi industri galangan dalam hal meminimalisasi penempelan *biofouling*.

6.2 SARAN

Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini ditemukan beberapa kendala dan tantangan yang perlu dipecahkan pada penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Penelitian yang sama dengan memperhatikan:
 - Kecepatan arus,
 - Tingkat kadar garam, dan
 - Keadaan lingkungan laut sekitar tempat perendaman.
2. Penelitian selanjutnya alternatif material bahan kapal kayu lebih variatif yang diujikan.
3. Penelitian lebih lanjut dengan faktor waktu yang lebih lama untuk mendapatkan waktu dan jumlah penurunan penempelan *biofouling*.
4. Penelitian variasi kecepatan arus air dan hidrografi terhadap penempelan *biofouling*.
5. Penelitian yang lebih lanjut diharapkan melakukan pengujian tarik dan lentur terhadap material tersebut guna mengetahui kekuatan material akibat penempelan *biofouling*.

Diharapkan dengan dilakukannya penelitian lanjut mengenai *biofouling*, dapat mengurangi dan menghambat penempelan *biofouling* sebagai faktor utama pengotoran biologis. dalam hal ini, dapat digunakan juga sebagai optional pemilihan bahan material untuk kapal ikan yang nantinya akan berkonsentrasi didalam air laut. Air laut sebagai mediasi penempelan *biofouling*, bukan menjadi masalah lagi dalam penanggulangannya, dan akan menambah umur, atau masa pakai bangunan kapal dalam interaksinya di air laut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dijabarkan secara terperinci dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju pertumbuhan *biofouling* setiap pada material uji sangat bervariasi dan cenderung teratur terhadap penambahan berat perminggunya dengan sarat kedalaman interval 1 m dan terdalamnya 3 m. Hal ini dijelaskan dalam grafik yang didapatkan dari tiap material uji memiliki nilai validitas R^2 pada regresi linear nya selalu mendekati 1.
2. Pengaruh kedalaman air laut dari hasil uji ini dapat disimpulkan kedalaman sangat berpengaruh dalam penempelan *biofouling*. Semakin tinggi tingkat kedalaman diduga arus gelombang laut semakin besar. Itu yang membuat semakin sedikit pula penempelan *biofouling* yang menempel pada material uji. Hasil ini diperkuat dengan hasil signifikan analisa uji efek kedalaman dari analisa SPSS “one way anova” menunjukkan laju pertumbuhan *biofouling* akibat faktor kedalaman di periode kedelapan yang sangat berpengaruh, dimana hasil Fhitung $3.479 < F_{tabel} 3.68$ menunjukkan gagal menolak H_0 (H_0 = tidak ada pengaruhnya).
3. Pemilihan bahan dasar kapal (material pembuatan kapal dengan hasil penelitian). Nilai rekapitulasi terendah pada sarat kedalaman 3 m dari hasil yang diperoleh selama 8 minggu pengujian bahwa bambu laminasi yang paling minimum daripada penempelan yang terjadi di material kayu jati. Diduga penggunaan laminasi pada bambu berpengaruh pada pertumbuhan penempelan *biofouling* tersebut. Terbukti dari hasil uji periode kedelapan pengujian terakhir nilai rekapitulasi terbesar dimiliki oleh material jati sejumlah 57 ind/m^2 dan nilai terendah dimiliki oleh bambu laminasi sejumlah 35 ind/m^2 .
4. Dapat diketahui, pengaruhnya biomassa setiap material yang diujikan selama periode 1 tahun dari hasil perancangan umum kapal ikan 30 GT. Berpengaruh terhadap nilai *DWT* yang semakin meningkat dan *Payload* yang menurun sejumlah 71.08 ton untuk kapal ikan bermaterial bambu laminasi dan 69.53 ton untuk kapal ikan bermaterial bermaterial kayu jati selisih presentase 0.02%. Dari penambahan nilai W_t tersebut didapatkan kebutuhan nilai ekonomis seperti kebutuhan bahan bakar, minyak pelumas, dan kebutuhan air tawar. Secara ekonomisnya penempelan *biofouling* pada bambu laminasi memiliki dampak nilai yang lebih ekonomis dibandingkan dampak penempelan *biofouling* kayu jati. Dengan biaya operasional terendah yang diakibatkan

penempelan *biofouling* didapatkan oleh kapal bermaterial bambu laminasi dengan harga Rp 28,888,723.90 sedangkan termahal kayu jati seharga Rp 28,967,511.57

LAMPIRAN

Rakit Percobaan





LAMPIRAN

Penempelan *Biofouling*

MINGGU KE 2

1. Bambu Laminasi

Ukuran 50x10x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x10x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

2. Kayu Jati

(Kelompok I)

Ukuran 50x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

(Kelompok II)

Ukuran 50x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

(Kelompok III)

Ukuran 50x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter

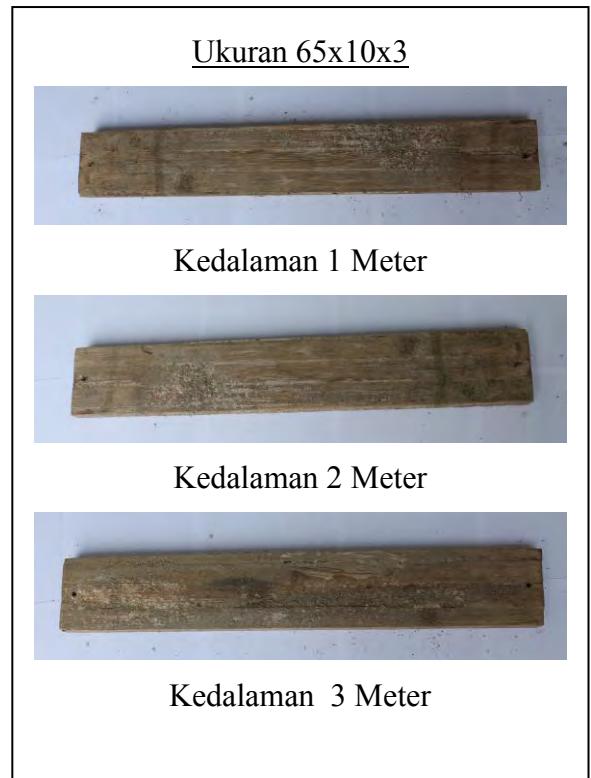
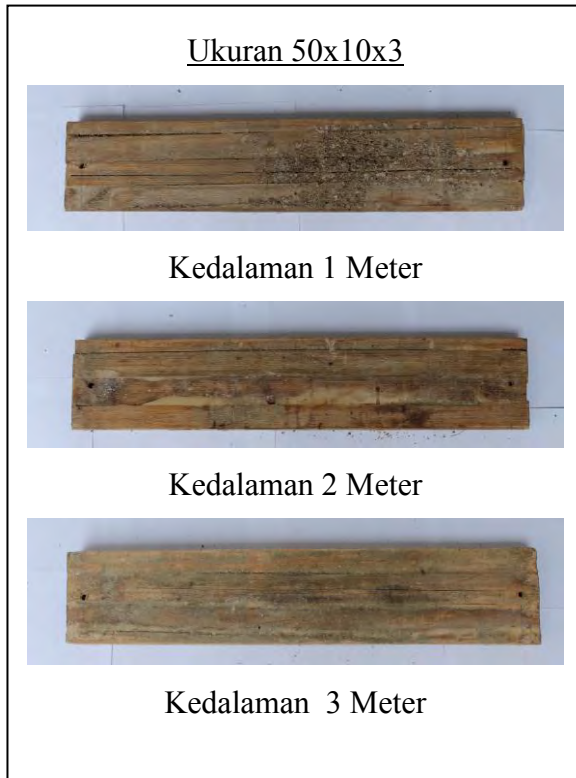


Kedalaman 3 Meter

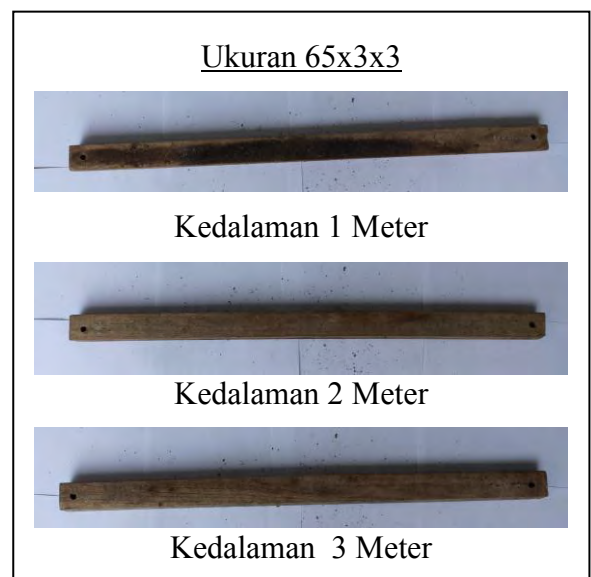
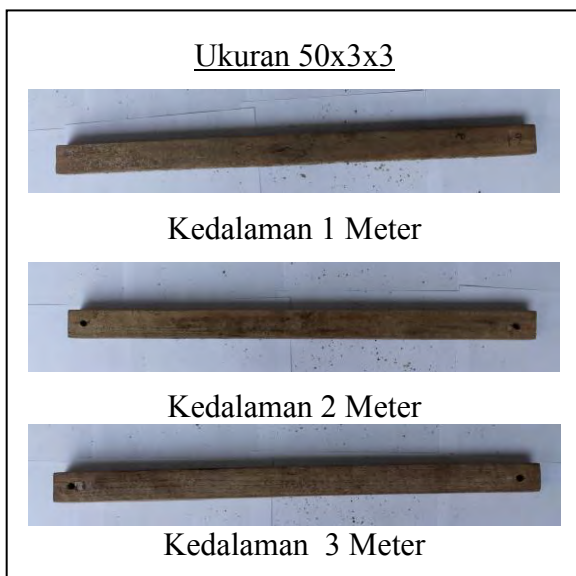
LAMPIRAN
Penempelan *Biofouling*

MINGGU KE 4

1. Bambu Laminasi



2. Kayu Jati
(Kelompok I)



(Kelompok II)

Ukuran 50x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

(Kelompok III)

Ukuran 50x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

LAMPIRAN
Penempelan *Biofouling*

MINGGU KE 6

1. Bambu Laminasi

Ukuran 50x10x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x10x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

2. Kayu Jati

(Kelompok I)

Ukuran 50x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

(Kelompok II)

Ukuran 50x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

(Kelompok III)

Ukuran 50x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

LAMPIRAN
Penempelan *Biofouling*

MINGGU KE 8

1. Bambu Laminasi

Ukuran 50x10x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x10x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

2. Kayu Jati

(Kelompok I)

Ukuran 50x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

(Kelompok II)

Ukuran 50x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

(Kelompok III)

Ukuran 50x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

Ukuran 65x3x3



Kedalaman 1 Meter



Kedalaman 2 Meter



Kedalaman 3 Meter

LAMPIRAN
Perhitungan Hambatan

1. Resistance Calculation

[Holtrop & Mennen Method]

INPUT DATA

Lo =	16.85 m	Cb =	0.492	▽ (ton) =
Ho =	2.45 m	Cm =	0.773	▽ (m3) =
Bo =	5.8 m	Cwp =	0.87829	
To =	1.9 m	Cp =	0.648	
g =	9.81 m/s ²	Vs =	3.601 m/s	Faktor kali =
Fn =	0.275	ρ =	1.025 kg/m ³	
		Vt =	3.817	

Choice No.	C _{stern}	Used For
1	-25	Pram with Gondola
2	-10	V - Shaped sections
3	0	Normal section shape
4	10	U - shaped section with Hogner stern

PERHITUNGAN :

1.1. Viscous resistance

$$Lwl = 1.04 * Lpp = 17.524 \text{ m}$$

$$Fn = Vo / (g * Lwl)^{0.5} = 0.275$$

1.1.1. CFO

CFO = friction coefficient (ITTC 1957)

$$CFO = 0.075 / (\log Rn - 2)^2$$

$$Rn = Lwl * Vt / \nu$$

$$\nu = 1.18831 * 10^{-6}$$

$$Rn = 56287033$$

$$CFO = 0.00214$$

1.1.2. Harga 1+k1

$$1 + k1 = c_{13} \{ 0.93 + c_{12} (B/L_R)^{0.92497} (0.95 - Cp)^{-0.521448} (1 - Cp + 0.0225 Lcb)^{0.690} \}$$

$$c_{13} = 1 + 0.011 c_{stern}$$

$$L_R/L = (1 - Cp + 0.06 * Cp * LCB) / (4Cp - 1)$$

(LCB nilai persentase thd L)

$$c_{12} = (T/L)^{0.2226446}$$

untuk $T/L > 0.05$

$$c_{12} = 48.20 * (T/L - 0.02)^{2.078} + 0.479948$$

untuk $0.02 < T/L < 0.05$

$$c_{12} = 0.479948$$

untuk $T/L < 0.02$

$$c_{stern} = \text{choice no. 3} = 0$$

$$c_{13} = 1$$

$$c_{12} = 0.6151303$$

$$\text{karena } T/L = 0.11276$$

$$L_R/L = 0.4045$$

$$L_R = 6.8158$$

$$1 + k1 = 1.410$$

1.2. Resistance of appendages

1.2.1. Wetted surface area

ABT = cross sectional area of bulb in FP

$$= 10\% \cdot B \cdot T \cdot C_m$$

= 0 (tanpa bulb)

S = wetted surface area

$$= L \cdot (2T+B) \cdot C_{M0.5} \cdot (0.453 + 0.4425CB - 0.2862CM - 0.003467B/T + 0.3696CV)$$

[PNA vol II hal 91]

S_{app} = total wetted surface of appendag (luas permukaan rudder dan bilge keel)

$$S_{tot} = S + S_{app}$$

$$A_{BT} = 0$$

$$S = 108.495$$

$$S_{app} = 19.20$$

$$S_{tot} = 127.69$$

1.2.2. Harga 1+ k2

$$1+k_2 = 1.3 \text{ s/d } 1.5 \text{ (rudder of single screw ship)}$$

$$1+k_2 = 1.4 \text{ (untuk bilge keel)}$$

untuk k2 lebih dari 1 digunakan rumus: $(1+k_2) = \sum S_i (1+k_2)_i / \sum S_i$

$$S_{rudder} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot 1.75 \cdot L_{pp} \cdot T / 100 \text{ dikali 2 karena ada 2 sisi [BKI vol II hal 100]}$$

$$S_{bilge\ keel} = \text{panjang keel} \times \text{tinggi keel} \times 4 \text{ (ada 2 bilge keel, setiap bilge keel ada 2 sisi)}$$

$$\text{Panjang keel} = 0.6 \cdot C_b \cdot L$$

$$\text{Tinggi keel} = 0.18 / (C_b - 0.2) \text{ [Watson 1998, hal 254]}$$

$$1 + k = 1 + k_1 + [1+k_2 - (1 + k_1)] S_{app} / S_{tot}$$

$$S_{rudder} = 6.4401682$$

$$S_{bilge\ keel} = 12.755552$$

$$1 + k_2 = 1.4$$

$$1 + k = 1.409$$

1.3. Wave making resistance

C1

$$C_1 = 2223105 \cdot C_4 \cdot 3.7861 \cdot (T/B)^{1.0796} \cdot (90 - iE)^{-1.3757}$$

$$C_4 = 0.2296 \cdot (B/L)^{0.3333}$$

for $B/L \leq 0.11$

$$C_4 = B/L$$

for $0.11 \leq B/L \leq 0.25$

$$C_4 = 0.5 - 0.0625 \cdot L/B$$

for $B/L \geq 0.25$

$$T_a = T \text{ (even keel)}$$

$$T_f = T \text{ (even keel)}$$

$$iE = 125.67 \cdot B/L - 162.25C_p^2 + 234.32C_p^3 + 0.1551(LCB + (6.8(T_a - T_f)/T)^3)$$

$$B/L_{wl} = 0.331 \text{ (} 0.11 < B/L_{wl} < 0.25 \text{)}$$

$$C_4 = 0.301$$

$$T_a = 1.900$$

$$T_f = 1.900$$

$$iE = 45.161$$

$$C_1 = 37.983$$

$$d = -0.9$$

sudah ditentukan PNA

1.3.1. Harga m1

$$m_1 = 0.01404 \cdot L/T - 1.7525 \cdot \text{displacement}^{1/3} / L - 4.7932B/L - C_5$$

$$C5 = 8.0798 * C_p - 13.8673 * C_p^2 + 6.9844 * C_p^3 \quad \text{for } C_p \leq 0.8$$

$$C5 = 1.7301 - 0.7067 * C_p \quad \text{for } C_p > 0.8$$

$$\tilde{N}^{1/3} / L = 1.185$$

$$C5 = 1.313 \quad \text{karena } C_p < 0.8$$

$$m1 = -4.848$$

1.3.2. Harga m2

$$m2 = C6 * 0.4 * e^{-0.034 F_n} - 3.29$$

$$C6 = -1.69385 \quad \text{for } L3/\text{displacement} \leq 512$$

$$C6 = 1.69385 + (L3/\tilde{N} - 8)/2.36 \quad \text{for } 512 < L3/\text{displacement}$$

$$C6 = 0 \quad \text{for } L3/\text{displacement} \geq 1728$$

$$c6 = -1.69385 \quad l^3/\text{disp} = 1.377 < 512$$

$$m2 = -0.06222$$

1.3.3. Harga l

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \quad \text{for } L/B < 12$$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.36 \quad \text{for } L/B \geq 12$$

$$l = 0.8463666 \cdot Lwl/B = 3.02138 < 12$$

1.3.4. Harga c2

$$C2 = 1 \quad \text{for without bulb}$$

$$C2 = e^{-1.89 * ABT * rB / B * T * (rB + 1)} \quad \text{for with bulb}$$

$$i = T_f - hB - 0.4464 * rB$$

$$hB = \text{height of the centroid (pusat luasan) area ABT above the base line}$$

$$hB = 0 \quad \text{karena ABT} = 0$$

$$rB = 0.56 * ABT / 0.5$$

$$Abt = 0$$

$$rb = 0$$

$$hB = 0$$

$$i = 1.9$$

$$c2 = 1$$

$$AT = \text{the immersed area of the transom at zero speed}$$

$$\text{Saat } V = 0 \text{ Transom tidak tercelup air}$$

$$AT = 0$$

1.3.5. Harga c3

$$C3 = 1 - 0.8 * AT / (B * T * C_m)$$

$$c3 = 1$$

1.3.6. Harga RW/W

$$RW/W = C1 * C2 * C3 * e^{(m1 * F_n + m2 * \cos(\lambda * F_n^2))}$$

$$RW/W = -0.013949$$

1.3.7. CA (Correlation Allowance)

$$Tf/Lwl \geq 0.04 \quad \text{maka} \quad CA = 0.006 * (Lwl + 100)^{0.16} - 0.00205$$

$$Tf/Lwl < 0.04 \quad \text{maka} \quad CA = 0.006 * (Lwl + 100)^{0.16} - 0.00205 + 0.003 * (Lwl / 7.5)^{0.5}$$

$$CA = 0.0007 \quad (Tf/Lwl = 0.10842 > 0.04)$$

1.3.8. W (gaya berat)

$$W = \rho \cdot g \cdot V$$

$$W = 903.501 \quad \text{N}$$

1.3.9. R_{Total}

$$R_{\text{total}} = 0,5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \text{Stot} [C_f(1+k) + C_A] + R_w / W \cdot W$$

$$R_{\text{total}} = 7869.2 \quad \text{N}$$

$$7.87 \quad \text{KN}$$

2. Resistance Calculation

[Holtrop & Mennen Method]

INPUT DATA

Lo =	16.85 m	Cb =	0.504	▽ (ton) =	101.2
Ho =	2.45 m	Cm =	0.783	▽ (m3) =	98.73
Bo =	5.8 m	Cwp =	0.753		
To =	1.9 m	Cp =	0.655		
g =	9.81 m/s ²	Vs =	3.601 m/s	Faktor kali =	0.5144
Fn =	0.275	ρ =	1.025 kg/m ³		
		Vt =	3.817		

Choice No.	C _{stern}	Used For
1	-25	Pram with Gondola
2	-10	V - Shaped sections
3	0	Normal section shape
4	10	U - shaped section with Hogner stern

PERHITUNGAN :

2.1. Viscous resistance

$$Lwl = 1.04 * L_{pp} = 17.524 \text{ m}$$

$$Fn = Vo / (g * Lwl)^{0.5} = 0.275$$

2.1.1. CFO

CFO = friction coefficient (ITTC 1957)

$$CFO = 0.075 / (\log Rn - 2)^2$$

$$Rn = Lwl * Vt / \nu$$

$$\nu = 1.18831 * 10^{-6}$$

$$Rn = 56287033.14$$

$$CFO = 0.00214$$

2.1.2. Harga 1+k1

$$1 + k1 = c_{13} \{ 0.93 + c_{12} (B/L_R)^{0.92497} (0.95 - Cp)^{-0.521448} (1 - Cp + 0.0225 Lcb)^{0.6906} \}$$

$$c_{13} = 1 + 0.011 c_{stern}$$

$$L_R/L = (1 - Cp + 0.06 * Cp * LCB) / (4Cp - 1)$$

(LCB nilai persentase thd L)

$$c_{12} = (T/L)^{0.2226446}$$

untuk $T/L > 0.05$

$$c_{12} = 48.20 * (T/L - 0.02)^{2.078} + 0.479948$$

untuk $0.02 < T/L < 0.05$

$$c_{12} = 0.479948$$

untuk $T/L < 0.02$

$$c_{stern} = \text{choice no. 3} = 0$$

$$c_{13} = 1$$

$$\begin{aligned}
 c_{12} &= 0.615130327 & \text{karena } T/L &= 0.11276 \\
 L_R/L &= 0.3971 \\
 L_R &= 6.6919 \\
 1 + k_1 &= 1.418
 \end{aligned}$$

2.2. Resistance of appendages

2.2.1. Wetted surface area

$$\begin{aligned}
 \text{ABT} &= \text{cross sectional area of bulb in FP} \\
 &= 10\% \cdot B \cdot T \cdot C_m \\
 &= 0 \text{ (tanpa bulb)} \\
 S &= \text{wetted surface area} \\
 &= L \cdot (2T+B) \cdot C_M \cdot 0.5 \cdot (0.453 + 0.4425CB - 0.2862CM - 0.003467B/T + 0.3696CWP) + 2.38ABT/CB \\
 &\quad [PNA \text{ vol II hal 91}] \\
 S_{app} &= \text{total wetted surface of appendages} & (\text{luas permukaan rudder dan bilge keel}) \\
 S_{tot} &= S + S_{app} \\
 A_{BT} &= 0 \\
 S &= 113.04 \\
 S_{app} &= 18.99 \\
 S_{tot} &= 132.03
 \end{aligned}$$

2.2.2. Harga 1+ k2

$$\begin{aligned}
 1+k_2 &= 1.3 \text{ s/d } 1.5 \text{ (rudder of single screw ship)} \\
 1+k_2 &= 1.4 \text{ (untuk bilge keel)} \\
 &\text{untuk } k_2 \text{ lebih dari 1 digunakan rumus: } (1+k_2) = \sum S_i(1+k_2)_i / \sum S_i \\
 S_{rudder} &= C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot 1.75 \cdot L_{pp} \cdot T / 100 \text{ dikali 2 karena ada 2 sisi [BKI vol II hal 14-1]} \\
 S_{bilge keel} &= \text{panjang keel} \times \text{tinggi keel} \times 4 \text{ (ada 2 bilge keel, setiap bilge keel ada 2 sisi permukaan)} \\
 \text{Panjang keel} &= 0.6 \cdot C_b \cdot L \\
 \text{Tinggi keel} &= 0.18 / (C_b - 0.2) \text{ [Watson 1998, hal 254]} \\
 1 + k &= 1 + k_1 + [1+k_2 - (1 + k_1)] S_{app} / S_{tot} \\
 S_{rudder} &= 6.440168211 \\
 S_{bilge keel} &= 12.55087326 \\
 1 + k_2 &= 1.4 \\
 1 + k &= 1.415
 \end{aligned}$$

2.3. Wave making resistance

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 2223105 \cdot C_{43} \cdot 7861 \cdot (T/B)^{1.0796} \cdot (90 - iE)^{-1.3757} \\
 C_4 &= 0.2296 \cdot (B/L)^{0.3333} & \text{for } B/L \leq 0.11 \\
 C_4 &= B/L & \text{for } 0.11 \leq B/L \leq 0.25 \\
 C_4 &= 0.5 - 0.0625 L/B & \text{for } B/L \geq 0.25 \\
 T_a &= T \text{ (even keel)} \\
 T_f &= T \text{ (even keel)} \\
 iE &= 125.67 \cdot B/L - 162.25C_p2 + 234.32C_p3 + 0.1551(LCB + (6.8(T_a - T_f)/T)^3 \\
 B/L_{wl} &= 0.331 & (0.11 < B/L_{wl} < 0.25) \\
 C_4 &= 0.301 \\
 T_a &= 1.900
 \end{aligned}$$

$T_f = 1.900$
 $i_E = 45.769$
 $C_1 = 38.704$
 $d = -0.9$ *sudah ditentukan PNA*

2.3.1. Harga m_1

$m_1 = 0.01404 L/T - 1.7525 \text{displacement}^{1/3}/L - 4.7932B/L - C_5$
 $C_5 = 8.0798 * C_p - 13.8673 * C_p^2 + 6.9844 * C_p^3$ *for $C_p \leq 0.8$*
 $C_5 = 1.7301 - 0.7067 * C_p$ *for $C_p \geq 0.8$*
 $\tilde{N}^{1/3}/L = 1.185$
 $C_5 = 1.306$ *karena $c_p < 0.8$*
 $m_1 = -4.840$

2.3.2. Harga m_2

$m_2 = C_6 * 0.4 * e^{-0.034 F_n^{-3.29}}$
 $C_6 = -1.69385$ *for $L_3/\text{displacement} \leq 512$*
 $C_6 = 1.69385 + (L_3/\tilde{N} - 8)/2.36$ *for $512 \leq L_3/\text{displacement} \leq 1727$*
 $C_6 = 0$ *for $L_3/\text{displacement} \geq 1727$*
 $c_6 = -1.69385$ *($Lwl^3/\text{disp} = 1.377 < 512$)*
 $m_2 = -0.06222$

2.3.3. Harga I

$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B$ *for $L/B < 12$*
 $\lambda = 1.446 C_p - 0.36$ *for $L/B \geq 12$*
 $I = 0.856488621$ *($Lwl/B = 3.02138 < 12$)*

2.3.4. Harga c_2

$C_2 = 1$ *for without bulb*
 $C_2 = e^{-1.89 * ABT * r_B / B * T * (r_B + 1)}$ *for with bulb*
 $i = T_f - h_B - 0.4464 * r_B$
 $h_B =$ height of the centroid (pusat luasan) area ABT above the base line
 $h_B = 0$ *karena $ABT = 0$*
 $r_B = 0.56 * ABT^{0.5}$
 $Abt = 0$
 $rb = 0$
 $hB = 0$
 $i = 1.9$
 $c_2 = 1$
 $AT =$ the immersed area of the transom at zero speed
Saat $V = 0$ Transom tidak tercelup air
 $AT = 0$

2.3.5. Harga c_3

$C_3 = 1 - 0.8 * AT / (B * T * C_m)$
 $c_3 = 1$

2.3.6. Harga RW/W

$$RW/W = C1 * C2 * C3 * e(m1 * Fnd + m2 * \cos(\lambda * F_n^2))$$

$$RW/W = -0.021936498$$

2.3.7. CA (Correlation Allowance)

$$Tf/Lwl \geq 0.04 \quad \text{maka} \quad CA = 0.006 * (Lwl + 100)^{0.16} - 0.00205$$

$$Tf/Lwl < 0.04 \quad \text{maka} \quad CA = 0.006 * (Lwl + 100)^{0.16} - 0.00205 + 0.003 * (Lwl / 7.5)^{0.5} * (Cb^4) * C2 * (0.04 -$$

$$CA = 0.0007 \quad (Tf/Lwl = 0.10842 > 0.04)$$

2.3.8. W (gaya berat)

$$W = \rho * g * V$$

$$W = 992.772 \quad N$$

2.3.9. R_{Total}

$$R_{total} = 0.5 * p * V^2 * Stot [Cf(1+k) + CA] + R_w/W * W$$

$$R_{total} = 8157.6 \quad N$$

$$8.16 \quad KN$$

3. Resistance Calculation

[Holtrop & Mennen Method]

INPUT DATA

Lo =	16.85 m	Cb =	0.505	▽ (ton) =	101.20
Ho =	2.45 m	Cm =	0.784	▽ (m3) =	98.73
Bo =	5.8 m	Cwp =	0.754		
To =	1.9 m	Cp =	0.655		
g =	9.81 m/s ²	Vs =	3.601 m/s	Faktor kali =	0.5144 m/s
Fn =	0.275	ρ =	1.025 kg/m ³		
		Vt =	3.817		

Choice No.	C _{stern}	Used For
1	-25	Pram with Gondola
2	-10	V - Shaped sections
3	0	Normal section shape
4	10	U - shaped section with Hogner stern

PERHITUNGAN :

3.1. Viscous resistance

$$Lwl = 1.04 * Lpp = 17.524 \text{ m}$$

$$Fn = Vo / (g * Lwl)^{0.5} = 0.275$$

3.1.1. CFO

CFO = friction coefficient (ITTC 1957)

$$CFO = 0.075 / (\log Rn - 2)^2$$

$$Rn = Lwl * Vt / \nu$$

$$\nu = 1.18831 * 10^{-6}$$

$$Rn = 56287033$$

$$CFO = 0.00214$$

3.1.2. Harga 1+k1

$$1 + k1 = c_{13} \{ 0.93 + c_{12} (B/L_R)^{0.92497} (0.95 - Cp)^{-0.521448} (1 - Cp + 0.0225 Lcb)^{0.6906} \}$$

$$c_{13} = 1 + 0.011 c_{stern}$$

$$L_R/L = (1 - Cp + 0.06 * Cp * LCB) / (4Cp - 1)$$

(LCB nilai persentase thd L)

$$c_{12} = (T/L)^{0.2226446} \quad \text{untuk } T/L > 0.05$$

$$c_{12} = 48.20 * (T/L - 0.02)^{2.078} + 0.479948 \quad \text{untuk } 0.02 < T/L < 0.05$$

$$c_{12} = 0.479948 \quad \text{untuk } T/L < 0.02$$

c_{stern} = choice no. 3 = 0

$$c_{13} = 1$$

$$\begin{aligned}
 c_{12} &= 0.6151303 & \text{karena } T/L &= 0.11276 \\
 L_R/L &= 0.3971 \\
 L_R &= 6.6919 \\
 1 + k_1 &= 1.418
 \end{aligned}$$

3.2. Resistance of appendages

3.2.1. Wetted surface area

ABT = cross sectional area of bulb in FP

$$= 10\% \cdot B \cdot T \cdot C_m$$

$$= 0 \text{ (tanpa bulb)}$$

S = wetted surface area

$$= L \cdot (2T+B) \cdot C_M \cdot 0.5 \cdot (0.453 + 0.4425CB - 0.2862CM - 0.003467B/T + 0.3696CWP) + 2.38ABT/CB$$

[PNA vol II hal 91]

S_{app} = total wetted surface of appendag (luas permukaan rudder dan bilge keel)

$$Stot = S + S_{app}$$

$$A_{BT} = 0$$

$$S = 113.418$$

$$S_{app} = 18.97$$

$$Stot = 132.39$$

3.2.2. Harga 1+ k2

$$1+k_2 = 1.3 \text{ s/d } 1.5 \text{ (rudder of single screw ship)}$$

$$1+k_2 = 1.4 \text{ (untuk bilge keel)}$$

untuk k2 lebih dari 1 digunakan rumus: $(1+k_2) = \sum S_i(1+k_2)_i / \sum S_i$

$$S_{\text{rudder}} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot 1.75 \cdot L_{pp} \cdot T / 100 \text{ dikali 2 karena ada 2 sisi [BKI vol II hal 14-1]}$$

$$S_{\text{bilge keel}} = \text{panjang keel} \times \text{tinggi keel} \times 4 \text{ (ada 2 bilge keel, setiap bilge keel ada 2 sisi permukaan)}$$

$$\text{Panjang keel} = 0.6 \cdot C_b \cdot L$$

$$\text{Tinggi keel} = 0.18 / (C_b - 0.2) \text{ [Watson 1998, hal 254]}$$

$$1 + k = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] S_{app} / Stot$$

$$S_{\text{rudder}} = 6.4401682$$

$$S_{\text{bilge keel}} = 12.534544$$

$$1 + k_2 = 1.4$$

$$1 + k = 1.415$$

3.3. Wave making resistance

C1

$$C_1 = 2223105 \cdot C_4 \cdot 3.7861 \cdot (T/B)^{1.0796} \cdot (90 - iE)^{-1.3757}$$

$$C_4 = 0.2296 \cdot (B/L)^{0.3333} \quad \text{for } B/L \leq 0.11$$

$$C_4 = B/L \quad \text{for } 0.11 \leq B/L \leq 0.25$$

$$C_4 = 0.5 - 0.0625 L/B \quad \text{for } B/L \geq 0.25$$

$$T_a = T \text{ (even keel)}$$

$$T_f = T \text{ (even keel)}$$

$$iE = 125.67 \cdot B/L - 162.25C_p2 + 234.32C_p3 + 0.1551(LCB + (6.8(T_a - T_f)/T)^3$$

$$B/Lwl = 0.331 \quad (0.11 < B/Lwl < 0.25)$$

$$C_4 = 0.301$$

$$T_a = 1.900$$

$T_f = 1.900$
 $i_E = 45.769$
 $C_1 = 38.704$
 $d = -0.9$ *sudah ditentukan PNA*

3.3.1. Harga m1

$m_1 = 0.01404 L/T - 1.7525 \text{displacement}^{1/3}/L - 4.7932B/L - C_5$
 $C_5 = 8.0798 * C_p - 13.8673 * C_p^2 + 6.9844 * C_p^3$ *for $C_p \leq 0.8$*
 $C_5 = 1.7301 - 0.7067 * C_p$ *for $C_p > 0.8$*
 $\tilde{N}^{1/3}/L = 1.185$
 $C_5 = 1.306$ *karena $c_p < 0.8$*
 $m_1 = -4.840$

3.3.2. Harga m2

$m_2 = C_6 * 0.4 * e^{-0.034 F_n^{-3.29}}$
 $C_6 = -1.69385$ *for $L_3/\text{displacement} \leq 512$*
 $C_6 = 1.69385 + (L_3/\tilde{N} - 8)/2.36$ *for $512 \leq L_3/\text{displacement} \leq 1727$*
 $C_6 = 0$ *for $L_3/\text{displacement} \geq 1727$*
 $c_6 = -1.69385$ $l^3/\text{disp} = 1.377$ < 512
 $m_2 = -0.06222$

3.3.3. Harga l

$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B$ *for $L/B < 12$*
 $\lambda = 1.446 C_p - 0.36$ *for $L/B \geq 12$*
 $l = 0.8564886 \sqrt{Lwl/B} = 3.02138$ < 12)

3.3.4. Harga c2

$C_2 = 1$ *for without bulb*
 $C_2 = e^{-1.89 * ABT * r_B / B * T * (r_B + 1)}$ *for with bulb*
 $i = T_f - h_B - 0.4464 * r_B$
 $h_B =$ height of the centroid (pusat luasan) area ABT above the base line
 $h_B = 0$ *karena $ABT = 0$*
 $r_B = 0.56 * ABT^{0.5}$
 $Abt = 0$
 $rb = 0$
 $hB = 0$
 $i = 1.9$
 $c_2 = 1$
 $AT =$ the immersed area of the transom at zero speed
Saat $V = 0$ Transom tidak tercelup air
 $AT = 0$

3.3.5. Harga c3

$C_3 = 1 - 0.8 * AT / (B * T * C_m)$
 $c_3 = 1$

3.3.6. Harga RW/W

$$RW/W = C1 * C2 * C3 * e(m1 * Fnd + m2 * \cos(\lambda * F_n - 2))$$

$$RW/W = -0.021936$$

3.3.7. CA (Correlation Allowance)

$$Tf/Lwl \geq 0.0 \quad \text{maka} \quad CA = 0.006 * (Lwl + 100)^{0.16} - 0.00205$$

$$Tf/Lwl < 0.04 \quad \text{maka} \quad CA = 0.006 * (Lwl + 100)^{0.16} - 0.00205 + 0.003 * (Lwl / 7.5)^{0.5} * (Cb^4) * C2 * (0.04 - Tf/Lwl)$$

$$CA = 0.0007 \quad (Tf/Lwl = 0.10842 > 0.04)$$

3.3.8. W (gaya berat)

$$W = \rho * g * V$$

$$W = 992.772 \quad N$$

3.3.9. R_{Total}

$$R_{total} = 0.5 * \rho * V^2 * Stot [Cf(1+k) + CA] + R_w/W * W$$

$$R_{total} = 8180.0 \quad N$$

$$= 8.18 \quad KN$$

LAMPIRAN

Perhitungan Kebutuhan Operasional

Lampiran 1. Hambatan kapal awal

Didapatkan hambatan kapal yang dialami kapal dari hasil perhitungan sebesar 7.87 kN. Dari perhitungan ini dapat ditentukan besarnya daya mesin yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \times V_s \\ &= 7.87 \text{ kN} \times 3.6008 \text{ m/s} \\ &= 28.34 \text{ kW} \\ &= 28.34.1000 / 735.4990 \\ 1 \text{ HP} &= 735.499 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\text{EHP} = 38.53 \text{ Hp}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \text{EHP} / 0.173 \text{ (untuk kapal kayu)} \\ &= 38.53 \text{ Hp} / 0.173 \\ &= 222.69 \text{ Hp} \end{aligned}$$

BHP mesin induk 250 HP dengan data mesin sebagai berikut :

Merk mesin =	Yuchai	
Tipe mesin =	YC6A250C	
Daya Mesin =	250	Hp
RPM =	2200	putaran/menit
Berat Mesin =	780	kg
Panjang =	1450	mm
Lebar =	930	mm
Tinggi =	1150	mm

Pada pembahasan ini akan dijelaskan mengenai mesin induk yang digunakan, besarnya volume tangki bahan bakar, pelumas, air tawar untuk pendingin mesin selama kapal beroperasi dan berat jaring *purse seine* yang digunakan.

1. Tanki bahan bakar (Wfo)

$$Pf = \frac{a \times (EHPMe + EHP Ae) \times Cf}{V \times 1000}$$

dimana:

$$a = 600 \quad \text{seamiles}$$

$$V = 8 \quad \text{Knots}$$

$$EHP Me = BHPMe$$

$$= 222.69 \quad \text{HP}$$

$$EHP Ae = BHPAe$$

$$= 44.54 \quad \text{HP}$$

$$Cf = 0.18 \quad \text{ton / BHP / jam}$$

$$Pf = \frac{600 \times (EHP Me + EHP Ae) \times Cf}{V \times 1000}$$

$$Pf = 3.607589277 \quad \text{ton}$$

Untuk cadangan bahan bakar ditambah 10% =

$$Pf = 110\% \times 3.969$$

$$= 3.97 \quad \text{ton}$$

$$\text{Spesifikasi volume bahan bakar} = 1.25 \quad \text{m}^3/\text{ton}$$

$$Vf = 3.97 / 1.25$$

$$Vf = 3.17 \quad \text{m}^3$$

2. Tanki minyak pelumas (Wsc)

$$Pl = \frac{a \times (EHPMe + EHP Ae) \times Cl}{V \times 1000}$$

$$Cl = 0.0025 \quad \text{Kg/ HP jam (0.002 - 0.0025)}$$

$$Pl = \frac{600 \times (245 + EHP Ae) \times Cf}{V \times 1000}$$

$$Pl = 0.050 \quad \text{ton}$$

Untuk cadangan minyak lumas ditambah 10% =

$$Pl = 110\% \times 0.055$$

$$= 0.0551 \quad \text{ton}$$

Spesifikasi volume minyak lumas = 1.25 m³/ton

$$VI = 0.0606 / 1.25$$

$$VI = 0.0441 \quad \text{m}^3$$

3. Tangki air tawar

a. Berat air tawar untuk ABK

$$Pa1 = \frac{a \times Z \times Ca1}{24 \times Vs \times 1000}$$

dimana:

$$Z = \text{Jumlah ABK} = 15 \text{ orang}$$

$$Ca1 = 50 \text{ Kg/org/hari}$$

jadi:

$$Pa1 = \frac{600 \times 15 \times 50}{24 \times 8 \times 1000}$$

$$Pa1 = 2.678571429 \quad \text{ton}$$

Untuk cadangan 10% =

$$Pa1 = 110\% \times 0.055$$

$$Pa1 = 2.9464 \quad \text{ton}$$

b. Berat air tawar untuk pendingin mesin

$$Pa2 = \frac{a \times (EHPMe + EHPAe) \times Ca2}{V \times 1000}$$

dimana:

$$Ca2 = 0.004 \text{ Kg/BHP/jam}$$

jadi:

$$Pa2 = \frac{600 \times (245 + 49) \times 0.004}{8 \times 1000}$$

$$Pa2 = 0.080 \text{ ton}$$

Untuk cadangan 10% =

$$Pa2 = 110\% \times 0.088$$

$$Pa2 = 0.088 \text{ ton}$$

Beratair tawar total adalah :

$$Pa = Pa1 + Pa2$$

$$Pa = 2.9464 + 0.088 \text{ ton}$$

$$Pa = 3.03 \text{ ton}$$

$$= 3.03 \text{ ton}$$

4. Perhitungan dimensi dan berat jarring purse seine

Panjang dan dalam minimum purse seine,
ukuran kantong

a. Panjang purse seine

$$= 15 \times \text{panjang kapal (LOA)}$$

$$= 15 \times 16.86$$

$$= 252.9 \text{ m}$$

maka panjang jaring diambil 300

b. Dalam minimum

$$= 10\% \times \text{panjang purse seine}$$

$$= 10\% \times 253$$

$$= 25.3 \text{ m}$$

Penjang dan dalam bunt (kantong)

minimum = panjang kapal

Maka:

$$\text{a. Berat jaring per Meter} = \frac{8 \text{ kg/Meter}}{2/3} = 12 \text{ Kg/Meter}$$

b. Berat jaring total

$$= 300 \text{ Meter} \times 12 \text{ Kg/Meter}$$

$$= 3600 \text{ Kg}$$

$$= 3.6 \text{ ton}$$

c. Berat ruangan di kapal yang diperlukan untuk purse seine

$$V \text{ (m}^3\text{)} = 5 \times \text{Berat (ton) Purse seine di udara}$$

$$= 5 \times 3.6 \text{ ton}$$

$$= 18 \text{ m}^3$$

Lampiran 2. Hambatan penambahan *biofouling* di material bambu

Didapatkan hambatan kapal yang dialami kapal setelah penambahan berat *biofouling* dari hasil perhitungan sebesar 8.16 kN. Dari perhitungan ini dapat ditentukan besarnya daya mesin yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \times V_s \\ &= 8.16 \text{ kN} \times 3.6008 \text{ m/s} \\ &= 29.37 \text{ kW} \\ &= 29.37.1000 / 735.4990 \\ 1 \text{ HP} &= 735.499 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\text{EHP} = 39.94 \text{ Hp}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \text{EHP} / 0.173 \text{ (untuk kapal kayu)} \\ &= 39.94 \text{ Hp} / 0.173 \\ &= 230.85 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Pada tahap ini akan dihitung kembali kebutuhan tangki bahan bakar, tangki minyak pelumas, dan tangki air tawar .

1. Tanki bahan bakar (Wfo)

$$Pf = \frac{a \times (\text{EHPMe} + \text{EHP Ae}) \times Cf}{V \times 1000}$$

dimana:

$$a = 600 \quad \text{seamiles}$$

$$V = 8 \quad \text{Knots}$$

$$\text{EHP Me} = \text{BHPMe}$$

$$= 230.85 \quad \text{HP}$$

$$\text{EHP Ae} = \text{BHPAe}$$

$$= 46.17 \quad \text{HP}$$

$$Cf = 0.18 \quad \text{ton / BHP / jam}$$

$$Pf = \frac{600 \times (EHP Me + EHP Ae) \times Cf}{V \times 1000}$$

$$Pf = 3.7398004 \quad \text{ton}$$

Untuk cadangan bahan bakar ditambah 10% =

$$Pf = 110\% \times 3.74$$

$$= 4.11 \quad \text{ton}$$

$$\text{Spesifikasi volume bahan bakar} = 1.25 \quad \text{m}^3/\text{ton}$$

$$Vf = 4.37 / 1.25$$

$$Vf = 3.29 \quad \text{m}^3$$

2. Tanki minyak pelumas (Wsc)

$$Pl = \frac{a \times (EHP Me + EHP Ae) \times Cl}{V \times 1000}$$

$$Cl = 0.0025 \quad \text{Kg/ HP jam (0.002 - 0.0025)}$$

$$Pl = \frac{600 \times (EHP Me + EHP Ae) \times Cl}{V \times 1000}$$

$$Pl = 0.052 \quad \text{ton}$$

Untuk cadangan minyak lumas ditambah 10% =

$$Pl = 110\% \times 0.055$$

$$= 0.0571 \quad \text{ton}$$

$$\text{Spesifikasi volume minyak lumas} = 1.25 \quad \text{m}^3/\text{ton}$$

$$Vl = 0.0571 / 1.25$$

$$Vl = 0.0457 \quad \text{m}^3$$

3. Tangki air tawar

a. Berat air tawar untuk ABK

$$Pa1 = \frac{a \times Z \times Ca1}{24 \times Vs \times 1000}$$

dimana:

$$Z = \text{Jumlah ABK} = 15 \text{ orang}$$

$$Ca1 = 50 \text{ Kg/org/hari}$$

jadi:

$$Pa1 = \frac{600 \times 15 \times 50}{24 \times 8 \times 1000}$$

$$Pa1 = 2.678571429 \text{ ton}$$

Untuk cadangan 10% =

$$Pa1 = 110\% \times 0.055$$

$$Pa1 = 2.9464 \text{ ton}$$

b. Berat air tawar untuk pendingin mesin

$$Pa2 = \frac{a \times (EHPMe + EHPAe) \times Ca2}{V \times 1000}$$

dimana:

$$Ca2 = 0.004 \text{ Kg/BHP/jam}$$

jadi:

$$Pa2 = \frac{600 \times (EHPMe + EHPAe) \times 0.004}{8 \times 1000}$$

$$Pa2 = 0.083 \text{ ton}$$

Untuk cadangan 10% =

$$Pa2 = 110\% \times 0.088$$

$$Pa2 = 0.0914 \text{ ton}$$

Berat air tawar total adalah :

$$Pa = Pa1 + Pa2$$

$$Pa = 2.9464 + 0.091 \text{ ton}$$

$$Pa = 3.0378 \text{ ton}$$

$$= 3.0378 \text{ ton}$$

Lampiran 3. Hambatan penambahan *biofouling* di material kayu jati

Dari hasil analisa menggunakan *maxsurf* perhitungan hambatan metode holtrop dihitung kembali sebagai berikut:

$$R_t = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{tot} [C_f \cdot (1+k) + C_A] + R_w / W \text{ (W)}$$

Didapatkan hambatan kapal yang dialami kapal setelah penambahan berat *biofouling* dari hasil perhitungan sebesar 8.18 kN. Dari perhitungan ini dapat ditentukan besarnya daya mesin yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \times V_s \\ &= 8.18 \text{ kN} \times 3.6008 \text{ m/s} \\ &= 29.45 \text{ kW} \\ &= 29.45.1000 / 735.4990 \\ 1 \text{ HP} &= 735.499 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\text{EHP} = 40.05 \text{ Hp}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \text{EHP} / 0.173 \text{ (untuk kapal kayu)} \\ &= 40.05 \text{ Hp} / 0.173 \\ &= 231.49 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Pada tahap ini akan dihitung kembali kebutuhan tangki bahan bakar, tangki minyak pelumas, dan tangki air tawar .

1. Tanki bahan bakar (Wfo)

$$Pf = \frac{a \times (\text{EHPMe} + \text{EHP Ae}) \times Cf}{V \times 1000}$$

dimana:

$$a = 600 \text{ seamiles}$$

$$V = 8 \text{ Knots}$$

$$\text{EHP Me} = \text{BHPMe}$$

$$= 231.49 \text{ HP}$$

$$\text{EHP Ae} = \text{BHPAe}$$

$$= 46.30 \text{ HP}$$

$$Cf = 0.18 \text{ ton / BHP / jam}$$

$$Pf = \frac{600 \times (EHP Me + EHP Ae) \times Cf}{V \times 1000}$$

$$Pf = 3.750076097 \text{ ton}$$

Untuk cadangan bahan bakar ditambah 10% =

$$Pf = 110\% \times 3.75$$

$$= 4.13 \text{ ton}$$

Spesifikasi volume bahan bakar = 1.25 m³/ton

$$Vf = 4.13 / 1.25$$

$$Vf = 3.30 \text{ m}^3$$

2. Tanki minyak pelumas (Wsc)

$$Pl = \frac{a \times (EHP Me + EHP Ae) \times Cl}{V \times 1000}$$

$$Cl = 0.0025 \text{ Kg/ HP jam (0.002 - 0.0025)}$$

$$Pl = \frac{600 \times (EHP Me + EHP Ae) \times Cf}{V \times 1000}$$

$$Pl = 0.052 \text{ ton}$$

Untuk cadangan minyak lumas ditambah 10% =

$$Pl = 110\% \times 0.055$$

$$= 0.0573 \text{ ton}$$

Spesifikasi volume minyak lumas = 1.25 m³/ton

$$Vl = 0.0573 / 1.25$$

$$Vl = 0.0458 \text{ m}^3$$

3. Tangki air tawar

a. Berat air tawar untuk ABK

$$Pa1 = \frac{a \times Z \times Ca1}{24 \times Vs \times 1000}$$

dimana:

$$Z = \text{Jumlah ABK} = 15 \text{ orang}$$

$$Ca1 = 50 \text{ Kg/org/hari}$$

jadi:

$$Pa1 = \frac{600 \times 15 \times 50}{24 \times 8 \times 1000}$$

$$Pa1 = 2.678571429 \text{ ton}$$

Untuk cadangan 10% =

$$Pa1 = 110\% \times 0.055$$

$$Pa1 = 2.9464 \text{ ton}$$

b. Berat air tawar untuk pendingin mesin

$$Pa2 = \frac{a \times (EHPMe + EHPAe) \times Ca2}{V \times 1000}$$

dimana:

$$Ca2 = 0.004 \text{ Kg/BHP/jam}$$

jadi:

$$Pa2 = \frac{600 \times (EHPMe + EHPAe) \times 0.004}{8 \times 1000}$$

$$Pa2 = 0.083 \text{ ton}$$

Untuk cadangan 10% =

$$Pa2 = 110\% \times 0.088$$

$$Pa2 = 0.092 \text{ ton}$$

Beratair tawar total adalah :

$$Pa = Pa1 + Pa2$$

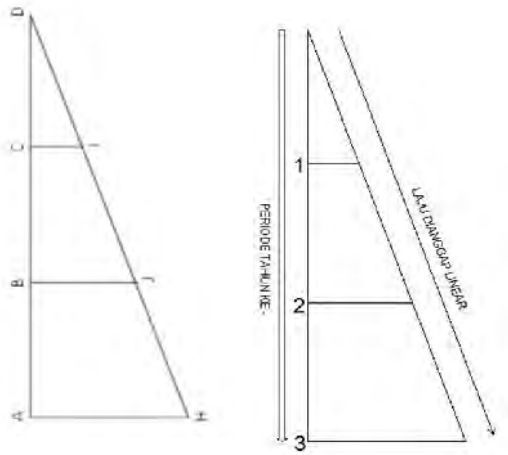
$$Pa = 2.9464 + 0.092 \text{ ton}$$

$$Pa = 3.0381 \text{ ton}$$

$$= 3.0381 \text{ ton}$$

LAMPIRAN

Perhitungan Biaya Operasional Per Periode



Menggunakan segitiga kongruen,
Berlaku hubungan :

$$\frac{CI}{AH} = \frac{CD}{AD}$$

$$\frac{BJ}{AH} = \frac{BD}{AD}$$

Dicari:

AH : Biaya yang diinginkan selama periode yang diinginkan

Kebutuhan Kapal 30GT	Periode (Tahun)	Harga
MATERIAL BAMBU LAMINASI	1	Rp 28,888,723.90
	3	Rp 57,777,447.79
	5	Rp 115,554,895.58
	7	Rp 173,332,343.37
	10	Rp 259,998,515.06

Kebutuhan Kapal 30GT	Periode (Tahun)	Harga
MATERIAL KAYU JATI	1	Rp 28,967,511.57
	3	Rp 57,935,023.15
	5	Rp 115,870,046.29
	7	Rp 173,805,069.44
	10	Rp 260,707,604.15

LAMPIRAN

Output SPSS Metode “One Way Annova”

MINGGU KE 2

a. Uji efek jenis material 50

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Bambu	9	3.333	1.5811	.5270	2.118	4.549	1.0	6.0
Jati	9	22.667	11.3908	3.7969	13.911	31.422	9.0	38.0
Total	18	13.000	12.6955	2.9924	6.687	19.313	1.0	38.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1682.000	1	1682.000	25.437	.000
Within Groups	1058.000	16	66.125		
Total	2740.000	17			

b. Uji efek kedalaman 50

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
100 cm	6	20.500	17.0382	6.9558	2.620	38.380	4.0	38.0
200 cm	6	12.500	10.5024	4.2876	1.478	23.522	2.0	24.0
300 cm	6	6.000	4.5607	1.8619	1.214	10.786	1.0	12.0
Total	18	13.000	12.6955	2.9924	6.687	19.313	1.0	38.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	633.000	2	316.500	2.253	.139
Within Groups	2107.000	15	140.467		
Total	2740.000	17			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

(I) Kedalaman	(J) Kedalaman	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
100 cm	200 cm	8.0000	6.8427	.489	-9.774	25.774
	300 cm	14.5000	6.8427	.119	-3.274	32.274
200 cm	100 cm	-8.0000	6.8427	.489	-25.774	9.774
	300 cm	6.5000	6.8427	.618	-11.274	24.274
300 cm	100 cm	-14.5000	6.8427	.119	-32.274	3.274
	200 cm	-6.5000	6.8427	.618	-24.274	11.274

Homogeneous Subsets

Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

Kedalaman	N	Subset for alpha = 0.05
		1
300 cm	6	6.000
200 cm	6	12.500
100 cm	6	20.500
Sig.		.119

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

MINGGU KE 4

a. Uji efek jenis material 50

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
Bambu	9	19.778	6.0369	2.0123	15.137	24.418	13.0	28.0
Jati	9	27.000	11.0905	3.6968	18.475	35.525	15.0	42.0
Total	18	23.389	9.4255	2.2216	18.702	28.076	13.0	42.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	234.722	1	234.722	2.944	.105
Within Groups	1275.556	16	79.722		
Total	1510.278	17			

b. Uji efek kedalaman

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
100 cm	6	33.833	7.9352	3.2395	25.506	42.161	25.0	42.0
200 cm	6	21.667	3.2660	1.3333	18.239	25.094	16.0	25.0
300 cm	6	14.667	1.6330	.6667	12.953	16.380	13.0	17.0
Total	18	23.389	9.4255	2.2216	18.702	28.076	13.0	42.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1128.778	2	564.389	22.191	.000
Within Groups	381.500	15	25.433		
Total	1510.278	17			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

(I) Kedalaman	(J) Kedalaman	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
100 cm	200 cm	12.1667 [*]	2.9117	.002	4.604	19.730
	300 cm	19.1667 [*]	2.9117	.000	11.604	26.730
200 cm	100 cm	-12.1667 [*]	2.9117	.002	-19.730	-4.604
	300 cm	7.0000	2.9117	.072	-.563	14.563
300 cm	100 cm	-19.1667 [*]	2.9117	.000	-26.730	-11.604
	200 cm	-7.0000	2.9117	.072	-14.563	.563

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

Kedalaman	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
300 cm	6	14.667	33.833
200 cm	6	21.667	
100 cm	6		
Sig.		.072	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

MINGGU KE 6

a. Uji efek jenis material 50

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
Bambu	9	20.778	5.5403	1.8468	16.519	25.036	13.0	29.0
Jati	9	31.000	11.8322	3.9441	21.905	40.095	17.0	48.0
Total	18	25.889	10.3917	2.4493	20.721	31.057	13.0	48.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	470.222	1	470.222	5.510	.032
Within Groups	1365.556	16	85.347		
Total	1835.778	17			

b. Uji efek kedalaman 50

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
100 cm	6	36.167	9.9079	4.0449	25.769	46.564	26.0	48.0
200 cm	6	25.000	5.5498	2.2657	19.176	30.824	19.0	31.0
300 cm	6	16.500	2.1679	.8851	14.225	18.775	13.0	19.0
Total	18	25.889	10.3917	2.4493	20.721	31.057	13.0	48.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1167.444	2	583.722	13.101	.001
Within Groups	668.333	15	44.556		
Total	1835.778	17			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

(I) Kedalaman	(J) Kedalaman	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
100 cm	200 cm	11.1667 [*]	3.8538	.028	1.157	21.177
	300 cm	19.6667 [*]	3.8538	.000	9.657	29.677
200 cm	100 cm	-11.1667 [*]	3.8538	.028	-21.177	-1.157
	300 cm	8.5000	3.8538	.103	-1.510	18.510
300 cm	100 cm	-19.6667 [*]	3.8538	.000	-29.677	-9.657
	200 cm	-8.5000	3.8538	.103	-18.510	1.510

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

Kedalaman	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
300 cm	6	16.500	36.167
200 cm	6	25.000	
100 cm	6		
Sig.		.103	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

MINGGU KE 8

a. Uji efek jenis material 50

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
Bambu	9	27.222	4.3811	1.4604	23.855	30.590	21.0	34.0
Jati	9	35.333	14.4222	4.8074	24.247	46.419	19.0	54.0
Total	18	31.278	11.1503	2.6282	25.733	36.823	19.0	54.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	296.056	1	296.056	2.606	.126
Within Groups	1817.556	16	113.597		
Total	2113.611	17			

b. Uji efek kedalaman 50

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

Field Data Summary: Soil Sampling								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
100 cm	6	42.667	11.3783	4.6452	30.726	54.608	31.0	54.0
200 cm	6	29.833	3.6009	1.4701	26.054	33.612	26.0	34.0
300 cm	6	21.333	1.8619	.7601	19.379	23.287	19.0	24.0
Total	18	31.278	11.1503	2.6282	25.733	36.823	19.0	54.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1384.111	2	692.056	14.230	.000
Within Groups	729.500	15	48.633		
Total	2113.611	17			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

(I) Kedalaman	(J) Kedalaman	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
100 cm	200 cm	12.8333 [*]	4.0263	.016	2.375	23.292
	300 cm	21.3333 [*]	4.0263	.000	10.875	31.792
200 cm	100 cm	-12.8333 [*]	4.0263	.016	-23.292	-2.375
	300 cm	8.5000	4.0263	.121	-1.958	18.958
300 cm	100 cm	-21.3333 [*]	4.0263	.000	-31.792	-10.875
	200 cm	-8.5000	4.0263	.121	-18.958	1.958

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

Kedalaman	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
300 cm	6	21.333	42.667
200 cm	6	29.833	
100 cm	6		
Sig.		.121	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

LAMPIRAN

Output SPSS Metode “One Way Annova”

MINGGU KE 2

a. Uji efek jenis material 65

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Bambu	9	5.556	2.8771	.9590	3.344	7.767	2.0	10.0
Jati	9	26.333	13.2571	4.4190	16.143	36.524	12.0	44.0
Total	18	15.944	14.1732	3.3407	8.896	22.993	2.0	44.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1942.722	1	1942.722	21.113	.000
Within Groups	1472.222	16	92.014		
Total	3414.944	17			

b. Uji efek kedalaman 65

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
100 cm	6	26.000	18.6440	7.6114	6.434	45.566	8.0	44.0
200 cm	6	14.000	9.8995	4.0415	3.611	24.389	4.0	24.0
300 cm	6	7.833	5.7067	2.3298	1.844	13.822	2.0	14.0
Total	18	15.944	14.1732	3.3407	8.896	22.993	2.0	44.0

c.

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1024.111	2	512.056	3.213	.069
Within Groups	2390.833	15	159.389		
Total	3414.944	17			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

(I) Kedalaman	(J) Kedalaman	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
100 cm	200 cm	12.0000	7.2890	.258	-6.933	30.933
	300 cm	18.1667	7.2890	.061	-.766	37.100
200 cm	100 cm	-12.0000	7.2890	.258	-30.933	6.933
	300 cm	6.1667	7.2890	.681	-12.766	25.100
300 cm	100 cm	-18.1667	7.2890	.061	-37.100	.766
	200 cm	-6.1667	7.2890	.681	-25.100	12.766

Homogeneous Subsets

Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

Kedalaman	N	Subset for alpha = 0.05
		1
300 cm	6	7.833
200 cm	6	14.000
100 cm	6	26.000
Sig.		.061

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

MINGGU KE 4

a. Uji efek jenis material 65

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
Bambu	9	21.667	6.1847	2.0616	16.913	26.421	14.0	32.0
Jati	9	36.333	11.4237	3.8079	27.552	45.114	22.0	52.0
Total	18	29.000	11.6770	2.7523	23.193	34.807	14.0	52.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	968.000	1	968.000	11.473	.004
Within Groups	1350.000	16	84.375		
Total	2318.000	17			

b. Uji efek kedalaman 65

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

Data: Test Pattern: Breeding								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
100 cm	6	39.333	11.9108	4.8626	26.834	51.833	26.0	52.0
200 cm	6	28.167	7.6267	3.1136	20.163	36.170	20.0	36.0
300 cm	6	19.500	5.1284	2.0936	14.118	24.882	14.0	26.0
Total	18	29.000	11.6770	2.7523	23.193	34.807	14.0	52.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1186.333	2	593.167	7.862	.005
Within Groups	1131.667	15	75.444		
Total	2318.000	17			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

(I) Kedalaman	(J) Kedalaman	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
100 cm	200 cm	11.1667	5.0148	.099	-1.859	24.192
	300 cm	19.8333 [*]	5.0148	.003	6.808	32.859
200 cm	100 cm	-11.1667	5.0148	.099	-24.192	1.859
	300 cm	8.6667	5.0148	.227	-4.359	21.692
300 cm	100 cm	-19.8333 [*]	5.0148	.003	-32.859	-6.808
	200 cm	-8.6667	5.0148	.227	-21.692	4.359

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

Kedalaman	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
300 cm	6	19.500	
200 cm	6	28.167	28.167
100 cm	6		39.333
Sig.		.227	.099

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

MINGGU KE 6

a. Uji efek jenis material 65

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Bambu	9	20.778	5.5403	1.8468	16.519	25.036	13.0	29.0
Jati	9	31.000	11.8322	3.9441	21.905	40.095	17.0	48.0
Total	18	25.889	10.3917	2.4493	20.721	31.057	13.0	48.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	470.222	1	470.222	5.510	.032
Within Groups	1365.556	16	85.347		
Total	1835.778	17			

b. Uji efek kedalaman 65

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
100 cm	6	36.167	9.9079	4.0449	25.769	46.564	26.0	48.0
200 cm	6	25.000	5.5498	2.2657	19.176	30.824	19.0	31.0
300 cm	6	16.500	2.1679	.8851	14.225	18.775	13.0	19.0
Total	18	25.889	10.3917	2.4493	20.721	31.057	13.0	48.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1167.444	2	583.722	13.101	.001
Within Groups	668.333	15	44.556		
Total	1835.778	17			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

(I) Kedalaman	(J) Kedalaman	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
100 cm	200 cm	11.1667 [*]	3.8538	.028	1.157	21.177
	300 cm	19.6667 [*]	3.8538	.000	9.657	29.677
200 cm	100 cm	-11.1667 [*]	3.8538	.028	-21.177	-1.157
	300 cm	8.5000	3.8538	.103	-1.510	18.510
300 cm	100 cm	-19.6667 [*]	3.8538	.000	-29.677	-9.657
	200 cm	-8.5000	3.8538	.103	-18.510	1.510

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

Kedalaman	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
300 cm	6	16.500	36.167
200 cm	6	25.000	
100 cm	6		
Sig.		.103	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

MINGGU KE 8

a. Uji efek jenis material 65

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
Bambu	9	30.000	3.8730	1.2910	27.023	32.977	26.0	36.0
Jati	9	46.333	8.7607	2.9202	39.599	53.067	36.0	58.0
Total	18	38.167	10.6674	2.5143	32.862	43.471	26.0	58.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1200.500	1	1200.500	26.169	.000
Within Groups	734.000	16	45.875		
Total	1934.500	17			

b. Uji efek kedalaman 65

Descriptives

Rata-rata Jumlah Biofouling

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum
					Mean			
					Lower Bound	Upper Bound		
100 cm	6	46.000	12.0830	4.9329	33.320	58.680	34.0	58.0
200 cm	6	36.500	9.3541	3.8188	26.683	46.317	27.0	46.0
300 cm	6	32.000	5.5498	2.2657	26.176	37.824	26.0	38.0
Total	18	38.167	10.6674	2.5143	32.862	43.471	26.0	58.0

ANOVA

Rata-rata Jumlah Biofouling

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	613.000	2	306.500	3.479	.057
Within Groups	1321.500	15	88.100		
Total	1934.500	17			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

(I) Kedalaman	(J) Kedalaman	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
100 cm	200 cm	9.5000	5.4191	.219	-4.576	23.576
	300 cm	14.0000	5.4191	.051	-.076	28.076
200 cm	100 cm	-9.5000	5.4191	.219	-23.576	4.576
	300 cm	4.5000	5.4191	.691	-9.576	18.576
300 cm	100 cm	-14.0000	5.4191	.051	-28.076	.076
	200 cm	-4.5000	5.4191	.691	-18.576	9.576

Homogeneous Subsets

Rata-rata Jumlah Biofouling

Tukey HSD

Kedalaman	N	Subset for alpha = 0.05
		1
300 cm	6	32.000
200 cm	6	36.500
100 cm	6	46.000
Sig.		.051

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhar, Rinaldi. 2008. Pengaruh Warna Cat Anti Korosi Terhadap Penempelan Biofouling Berdasarkan Faktor Kedalaman Laut. *Tugas Akhir*. Surabaya. ITS.
- Budiharta, Rariya. 2009. Studi Penempelan *Biofouling* dengan Variasi Jenis Material di Laut Tropis. *Tugas Akhir*. Surabaya. ITS.
- Darsono, P. dan Hutomo, M. 1983. Komunitas Biota Penempel di Perairan Suralaya, Selat Malaka. *Jurnal Oseanologi di Indonesia* 16: 29-41.
- Dransfield dan Widjaja. 1995. *Bamboos Plant Resources of South-East*. Himpunan Sari Hasil Penelitian Rotan dan Bambu. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Perkebunan.
- Dransfield dan Widjaja, E. A. 1995. *Plant Resources of South - East Asia. Volume ke - 7, Bamboos*. Bogor: Porsea.
- Dransfield, S. 1980. *Bamboo Taxonomy in the Indo-Malesian Region*. Singapura: Proceeding of Research Bamboo in Asia.
- FAO (Food Agriculture Organization of the United Nations). (2007a). "Glossary of Aquaculture." <http://www.fao.org/fi/glossary/aquaculture>.
- FAO (Food Agriculture Organization of the United Nations). (2007b). "Coastal aquaculture: devwlopment perspectives in Asia and case studies from other regions". <http://www.fao.org/docrep/008/ad794b/AD794B09.htm>.
- Farlex, Inc. 2007. "*The Free Dictionary*". <http://www.thefreedictionary.com>
- Hutabarat, S. dan S.M. Evans. 1984, "*Pengantar Oseanografi*", Universitas Indonesia Pres, Jakarta.
- Intensitas Cahaya. From http://id.wikipedia.org/wiki/Intensitas_cahaya. 1 September 2014
- Iselin. 1967. The Effect Of Fouling In : US NAVAL INSTITUTE Marine Fouling and its Prevention. Contrib n 580. Annapolis. Woods Hole Oceanographic Institution
- Lewis, Edward V. 1988. *Principles of Naval Architecture Volume II: Resistance, Propulsion and Vibration*. Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Liese, W. 1986. *Characterization and utilization of bamboo*. Kyoto University, Kyoto, Japan.
- Merriam-Webster, Inc. 2007. "*On-line Dictionary*". <http://www.merriam-webster.com/dictionary/biofouling>.

- Morisco. 1996. *Bambu sebagai Bahan Rekayasa*. Yogyakarta.
- Nybakken 1982, *Biologi Laut : Suatu Pendekatan ekologis*, Gramedia, Jakarta.
- Romimohtarto, K. 1997, "Beberapa Catatan Teritip (*Balanus spp.*) sebagai Binatang "Pengotor" di Laut", *Oseanologi Indonesia*, No.&: 25-42
- Romimohtarto, K. 1977, *Beberapa Catatan Teritip (Balanus spp.) sebagai Binatang "Pengotor" di Laut*", *Oseanologi Indonesia*, No.7:25-42.
- Stanczak, M. 2004. "Biofouling: It's Not Just Barnacles Anymore".
<http://www.csa.com/hottopics/biofoul/overview.php>.
- Suprijanto, I. R. D. (2009). Standarisasi Bambu Laminasi Sebagai Alternatif Kayu Konstruksi. *Prosiding PPI Standarisasi 2009*.
- Wahyuddin, 2011. *Teknik Produksi Kapal*, Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Widjaja et al. 2001. *Identifikasi Jenis-Jenis Bambu di Kepulauan Sunda Kecil*. Puslitbang LIPI, Bogor.
- Widjaja, Mien A. R. Bambang S. Dodi N. 1994. *Strategi Penelitian Bambu Indonesia*. Bogor: Yayasan Bambu Lingkungan Lestari.
- Widjaja, N. W. Utami dan Saefudin. 2004. *Panduan Membudidayakan Bambu*. Bogor: Puslitbang Biologi LIPI.

BIODATA PENULIS



Dilahirkan di Sumenep pada 13 Maret 1992, Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Jonny Suhartono dan Aning Hidayati.

Tahun 1996 penulis memulai jenjang pendidikan di TK An-Nur dan lulus tahun 1998. Tahun 1998 penulis melanjutkan pendidikan di SDN Pangarangan 5 dan lulus tahun 2004. Tahun 2004 penulis melanjutkan pendidikan ke SMPN 1 Sumenep dan lulus tahun 2007. Tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke SMAN 1 Sumenep dengan mengambil jurusan IPA dan lulus tahun 2010. Tahun 2010 penulis diterima sebagai Mahasiswa Teknik Perkapalan FTK ITS melalui jalur PMDK Reguler.

Di Jurusan Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Industri Perkapalan. Selama masa studi di ITS, selain aktif berkegiatan di berbagai Unit Kegiatan Mahasiswa dan Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Perkapalan (Himatekpal), Penulis juga mempunyai banyak kegiatan di luar kampus yang berhubungan dengan beberapa kegiatan yang diadakan oleh FOKUS ITS (Forum Komunal Sumenep ITS). Tahun 2013 penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) pertama di PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari (Persero) Galangan II Jakarta. Tahun 2014 Kerja Praktek (KP) kedua di PT. Biro Klasifikasi Indonesia (Persero) Cabang Utama Surabaya.

Email: Hendra10@na.its.ac.id